

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

BİYOLOJİ

3

DERS KİTABI

YAZAR
Fatma Bilir



ANKARA - 2023

MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI
AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI

Dil Uzmanı

Bülent Kenan Erkan

Görsel Tasarım Uzmanı

Fatih Sağlam

Grafik Tasarım Uzmanı

Dr. Neslihan Kılıç

Copyright © MEB

Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana vâdettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerihamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden naşım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

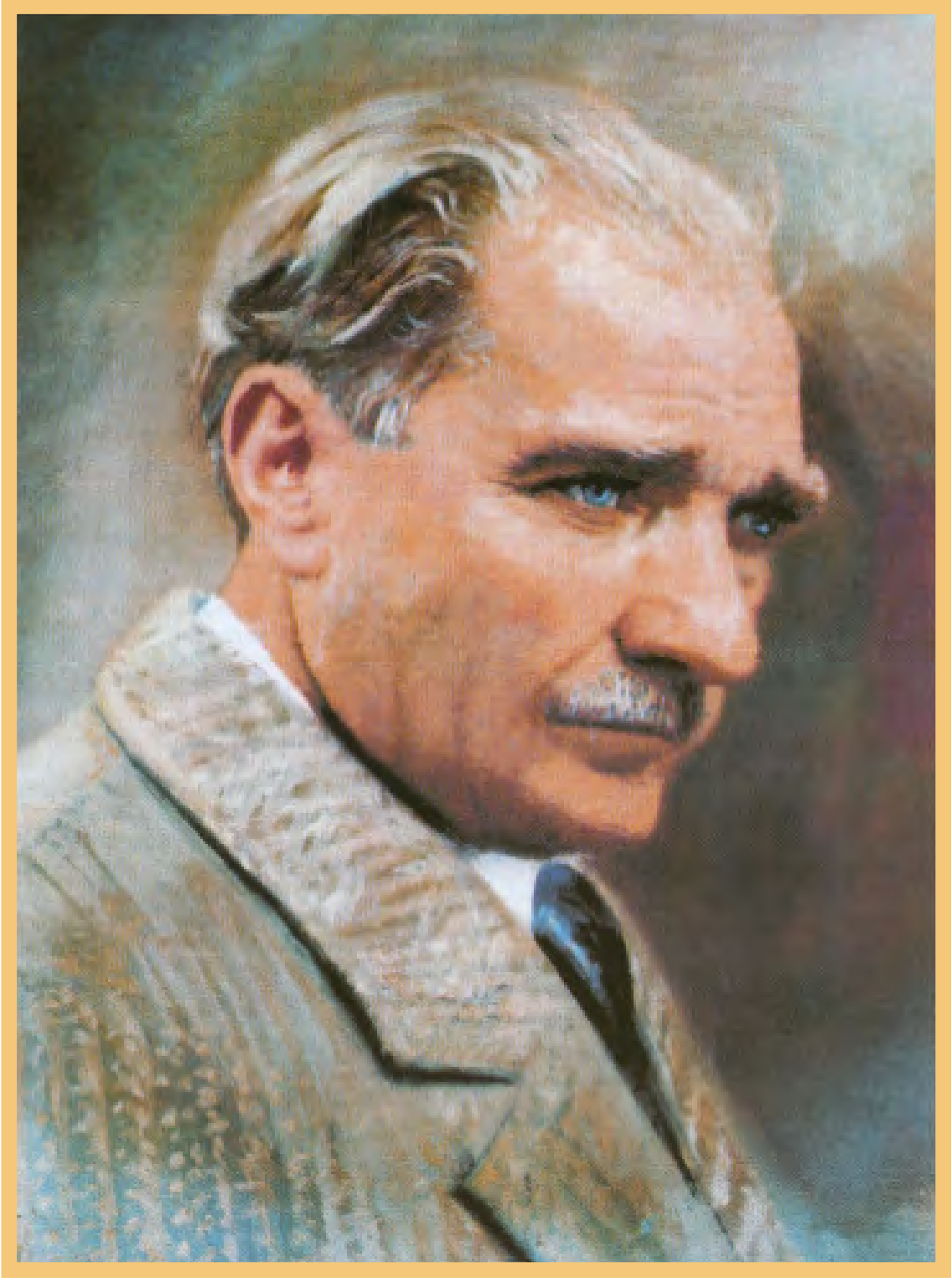
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaid bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



GÜVENLİK İŞARETLERİ

Laboratuvar uygulamalarında karşılaştığınız tehlikelere karşı kendinizin ve çevrenizin güvenliğini sağlamak için uymanız gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar ve kurallara ait semboller aşağıda verilmiştir.



Koruyucu Elbise Giy

Elbiseyi lekeletecek ya da yakacak maddeler sıçrayabilir. Bunu önlemek için koruyucu elbise giymelisiniz.



Eldiven Giy

Çok sıcak bir yüzeyin veya ele zarar verecek malzemenin varlığını gösterir. Ellerinizi korumak için eldiven giymelisiniz.



Maske Kullan

Kimyasal maddelerin reaksiyonu sonucu oluşabilecek dumandan etkilenmemek için maske kullanmalısınız.



Gözlük Kullan

Gözünüzü ve yüzünüzü tehlikelere karşı korumalısınız.



Kesici/Delici Cisim

Kesici ve delici malzemeler, yaralanmalara neden olabilir. Bu malzemeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.



Kırılabilir Malzeme

Laboratuvar malzemeleri kırılarak size ve çevrenize zarar verebilir. Bu malzemeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.



Toksik (Zehirli) Madde

Ağız, deri ve solunum yolu ile zehirlenmelere neden olur. Kanserojen etki yapabilir. Vücut ile temas ettirilmemelisiniz. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım almalısınız.



Aşındırıcı Madde

Metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen maddelerdir. Deriye ve göze hasar vereceğinden korumak için önlemler almalısınız.



Parlayıcı Madde veya Yüksek Isı

Kimyasal maddelerin çeşitli nedenlerle patlaması veya yangın çıkması ihtimaline karşı dikkatli olmalısınız.



Oksitleyici Madde

Havasız ortamda bile yanabilir. Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla temasını önlemelisiniz.



Biyolojik Risk

Bakteri, protista, mantar, bitki ve hayvan gibi canlıların neden olabileceği hastalıklara karşı dikkatli olmalısınız.



Zararlı veya Tahriş Edici Madde

Alerjik deri reaksiyonlarına neden olur. Ozon tabakasına zarar verebilir. Vücuda ve göze temasından kaçınılmalı, koruyucu giysi giymelisiniz.

İÇİNDEKİLER

1. ÜNİTE

HÜCRE BÖLÜNMELEİ



1. Bölüm Mitoz ve Eşeysiz Üreme

1.1. Mitoz ve Eşeysiz Üreme.....	13
1.1.1. Canlılarda Hücre Bölünmesinin Gerekliği.....	13
1.1.2. Mitoz.....	14
-İnterfaz.....	14
-Profaz.....	15
-Metafaz.....	15
-Anafaz.....	16
-Telofaz.....	16
-Sitoplazma Bölünmesi (Sitokinez).....	16
-Hücre Bölünmesinin Kontrolü ve Kanserle İlişkisi.....	18
1.1.3. Eşeysiz Üreme.....	19
a) Bölünerek Üreme.....	20
b) Tomurcuklanma İle Üreme.....	21
c) Sporla Üreme.....	21
d) Rejenerasyon İle Üreme.....	22
e) Partenogenez.....	22
f) Bitkilerde Vejetatif Üreme.....	24
-Eşeysiz Üreme Tekniklerinin Bahçecilik ve Tarım Sektörlerindeki Uygulamaları.....	25

2. Bölüm Mayoz ve Eşeyli Üreme

2.1. Mayoz ve Eşeyli Üreme.....	29
2.1.1. Mayoz.....	29
-İnterfaz.....	29
-Mayoz I.....	29
-Profaz I.....	30
-Metafaz I.....	31
-Anafaz I.....	31
-Telofaz I.....	31
-Mayoz II.....	32
-Profaz II.....	32
-Metafaz II.....	32
-Anafaz II.....	32
-Telofaz II.....	33
2.1.2. Eşeyli Üreme.....	35
ÖZET.....	38
1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI.....	41

2. ÜNİTE

KALITIMIN GENEL İLKELERİ



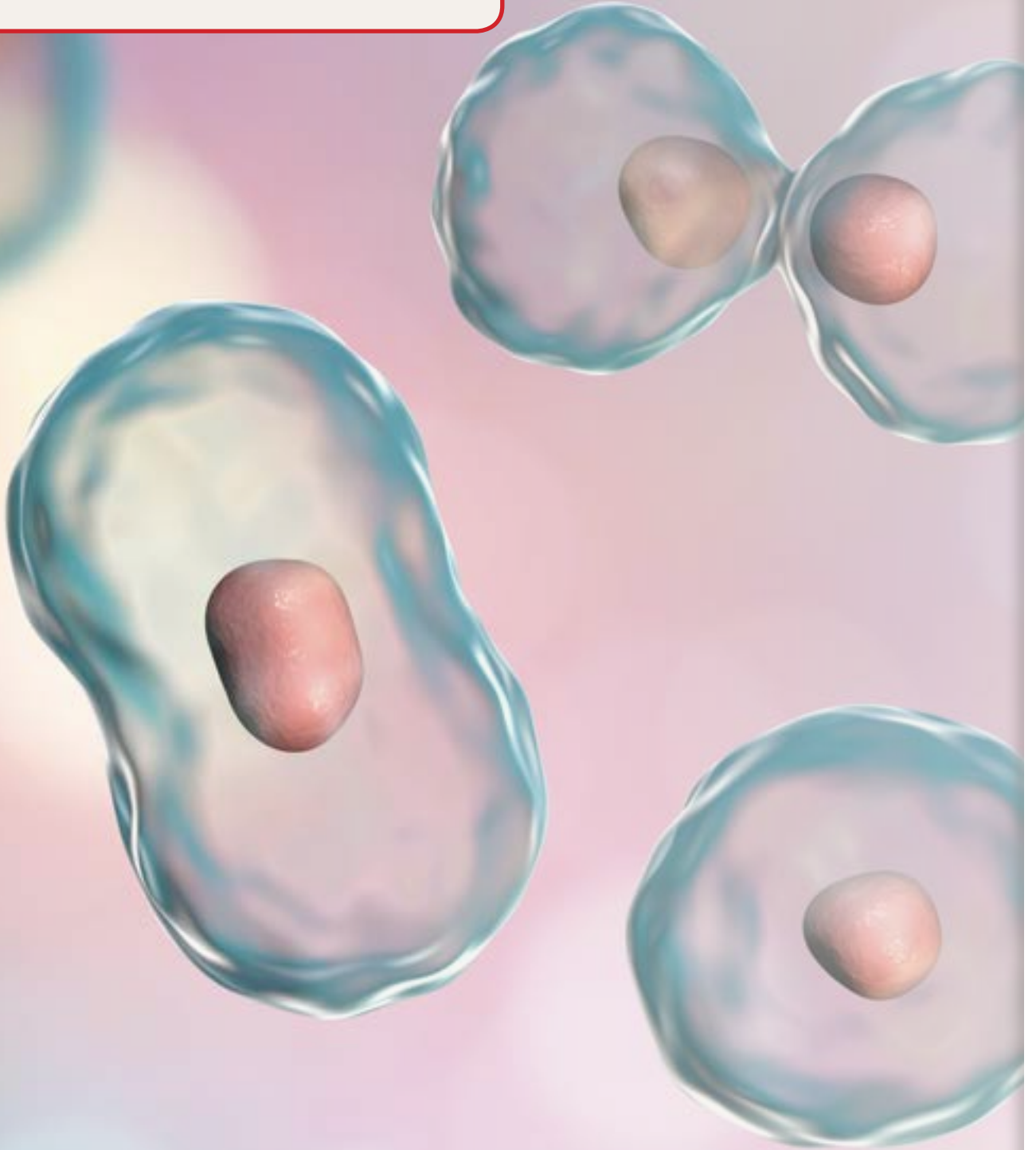
1. Bölüm Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik

1.1. Kalıtımın Genel İlkeleri.....	47
1.1.1. Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik	49
1.1.1.1. Kalıtımın Genel Esasları.....	50
-Kontrol Çaprazlaması.....	59
-Eş Baskınlık.....	59
-Çok Alellilik.....	60
-Eşeye Bağlı Kalıtım.....	61
-Hemofili (kanın pıhtılaşmaması).....	62
-Kısmi Renk Körlüğü.....	64
-Soyağacı.....	66
-Akraba Evliliği ve Sakıncaları.....	69
1.1.1.2. Genetik Varyasyonların Biyolojik Çeşitliliğe Etkisi...69	
-Mutasyon.....	70
-Krossing Over.....	70
-Kromozomların Bağımsız Dağılımı.....	70
ÖZET.....	71
2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI.....	73
CEVAP ANAHTARI.....	77
SÖZLÜK.....	78
KAYNAKÇA.....	82

**1.
ÜNİTE**

**HÜCRE
BÖLÜNMELERİ**

- 1. Bölüm Mitoz ve Eşeysiz Üreme**
2. Bölüm Mayoz ve Eşeyli Üreme



1. BÖLÜM

MİTOZ VE EŞEYSİZ ÜREME

NELER ÖĞRENECEĞİZ?

Bu bölümü tamamladığımızda;

1. Canlılarda hücre bölünmesinin gerekliliğini,
2. Mitozu,
3. Eşeysiz üremeyi ve örneklerini öğreneceğiz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Bölünme
- Eşeysiz Üreme
- İnterfaz
- Kanser
- Mitoz
- Tomurcuklanma
- Vejetatif Üreme



Hazırlık Çalışması

Yeni doğmuş bir bebek nasıl olur da yirmi yılda yetişkin bir insan hâline gelecek kadar büyüyebilir?



Görsel 1.1. *Bebek*



Görsel 1.2. *Fil*

Küçük yavru bir fil, nasıl olur da tonlarca ağırlığa ulaşabilir?

Küçük bir tohum nasıl olur da kocaman bir ağaca dönüşebilir?



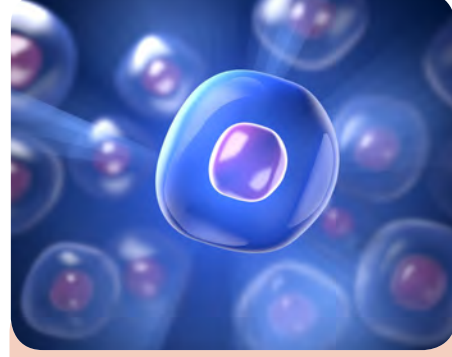
Görsel 1.3. *Tohumun çimlenmesi*

1.1. Mitoz ve Eşeysiz Üreme

Yeni doğmuş bir bebeğin yetişkin bir insan hâline gelmesinin, yavru bir filin tonlarca ağırlığa ulaşmasının, küçük bir tohumun kocaman bir ağaca dönüşmesinin temelinde hücre bölünmesi vardır. Hücre bölünmesi ile bu canlılarda hücre sayısı artar ve canlının büyümesi sağlanır.



Görsel 1.4. Prokaryot hücre



Görsel 1.5. Ökaryot hücre

Canlılar prokaryotik veya ökaryotik hücrelerden oluşur. Prokaryotik hücreler çekirdeksiz hücrelerdir. Hücrenin genetik materyali olan DNA bir çekirdek içinde değil, sitoplazmada serbest hâlde bulunur. Bu hücreler basitçe ikiye bölünerek çoğalır. Ökaryotik hücreler ise çekirdekli hücrelerdir. Bu hücrelerin DNA'sı zarla çevrilerek sitoplazmadan ayrılır. Bu yapıya **çekirdek** denir. Ökaryotik hücrelerde bölünme çekirdek tarafından kontrol edilir.

1.1.1. Canlılarda Hücre Bölünmesinin Gerekliği

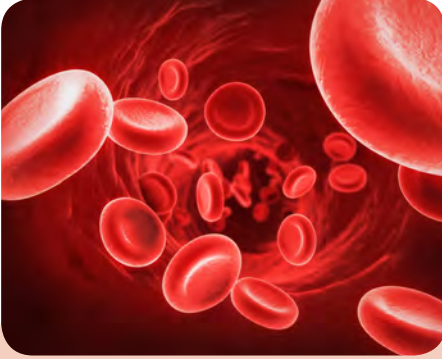
Hücre canlının en küçük yapı ve işlev birimidir. Bütün canlılar hücre ya da hücrelerden meydana gelir. Her hücre, daha önceki hücrenin bölünmesiyle oluşur. Hücre bölünmesi çok hücreli canlılarda büyüme ve gelişmeyi, yaraların iyileşmesini ve üreme hücrelerinin oluşmasını sağlarken, tek hücreli canlılarda çoğalmayı sağlar.

Bir hücrenin bölünebilmesi için yeterli büyüklüğe ulaşması gerekir. Hücrenin büyümesi demek hücre zarının ve sitoplazmanın büyümesi demektir. Sitoplazma hacimce, hücre zarı yüzeyce büyür. Hücrenin genel olarak küre biçiminde olduğu düşünülürse hacim, yarıçapın küpüyle (r^3), yüzey yarıçapın karesiyle (r^2) büyür. Sitoplazma hücre zarına göre daha fazla büyüdüğü için hücrenin hacim-yüzey oranı (r^3 / r^2) giderek artar.

Bu yüzden hücre zarı besin alışverişini, atık maddelerin atılımını ve gaz alışverişini sağlamada zorlanmaya başlar. Çekirdek de artan sitoplazma yüzünden hücreyi yönetmekte güçlük çeker. Bütün bunlar çekirdekten bölünme emri verilmesine neden olur. Çekirdekten bölünme emri verildikten sonra hücre bölünmesi engellenemez. Bu süreç bölünmeyle sonuçlanır.



Hücre bölünmesinin temel nedeni, hacim yüzey oranının (r^3 / r^2) bozulmasıdır.



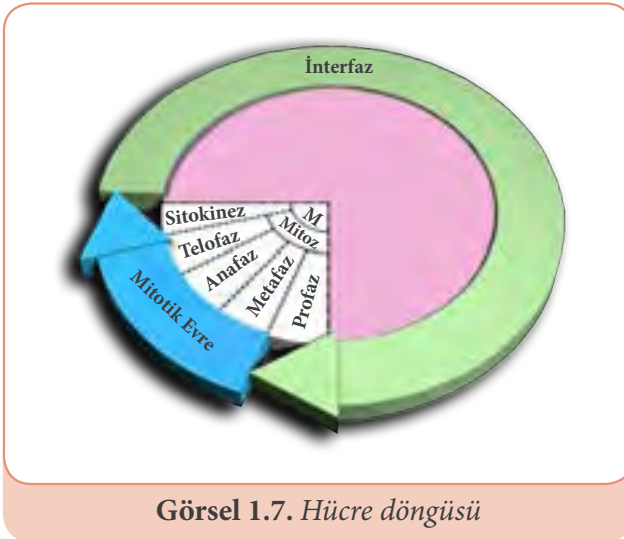
Görsel 1.6. Kemik iliği hücreleri bölünerek kan hücresi üretir.

Bölünme yeteneğine sahip olan hücreler, organizmanın yaşamı boyunca önce büyür, sonra bölünür, sonra tekrar büyür ve tekrar bölünür. Örneğin kemik iliği hücreleri bu şekilde bölünüp sürekli olarak kan hücresi üretir.

İnsan vücudunda yer alan hücrelerin bölünme özelliği ise farklılık gösterir. Örneğin sinir, kas ve alyuvar hücreleri gibi özelleşmiş bazı hücreler bölünme yeteneğini kaybederken, derideki epitel hücreleri, kemik iliğindeki hücreler, karaciğer hücreleri ve sindirim kanalını döşeyen epitel hücreleri bölünme yeteneklerini korur.

1.1.2. Mitoz

Mitoz ökaryot (çekirdekli) hücrelerde gerçekleşir. Tek hücrelilerde üremeyi; çok hücrelilerde doku onarımını, yenilenmeyi, büyümeyi ve gelişmeyi sağlar. Ayrıca çok hücreli canlıların bazıları mitozla eşeysiz ürer.



Görsel 1.7. Hücre döngüsü

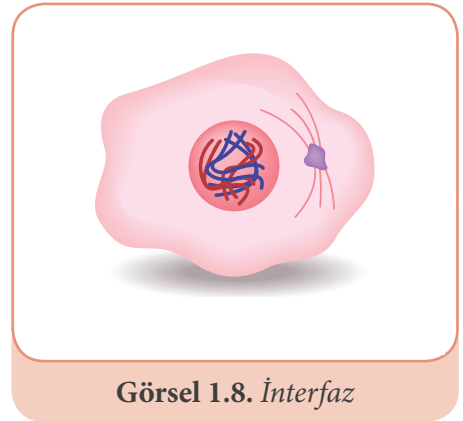
Bir hücrenin bölünmeye başlamasından itibaren onu takip eden diğer hücre bölünmesine kadar geçen zaman aralığına **hücre döngüsü** denir.

Hücre döngüsü, çok uzun süren **interfaz evresi** ile kısa bir **bölünme evresinden (mitotik evre)** oluşur.

Bölünme evresi ise **çekirdek bölünmesi (mitoz)** ve **sitoplazma bölünmesinden (sitokinez)** meydana gelir.

İnterfaz

İnterfaz evresinde hücre, sitoplazmasını ve içeriğini artırarak bölünmeye hazırlanır. DNA kendini eşler ve genetik materyal iki katına çıkar. Böylece kalıtsal madde oluşacak iki yeni hücreye eşit olarak dağıtılır. RNA ve protein sentezi artar, bölünme için gerekli olan enzimler üretilir, artan enerji ihtiyacı için de ATP üretimi hızlanır. Ribozom, mitokondri, kloroplast ve golgi aygıtı gibi sitoplazmik organellerin sayısı artar. Bölünme sırasında iğ ipliklerini oluşturacak olan sentrozom organeli hayvan hücrelerinde bulunur, bazı ilkel bitkiler hariç bitki hücrelerinde bulunmaz. Bu yüzden bitki hücrelerinde iğ ipliklerini sitoplazmik proteinler oluşturur. Hayvan hücresinde bir tane olan sentrozom interfaz aşamasında kendini eşleyerek sayısını ikiye çıkarır.

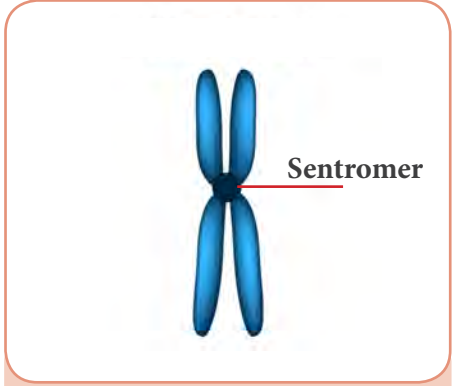


Görsel 1.8. İnterfaz

İnterfaz evresinin sonunda her kromozom yeni oluşan kopyası ile birlikte iki **kardeş kromatiti** oluşturur. Kardeş kromatitler sentromer kısımlarından birbirine tutunur.

Örnek 20 kromozomu olan bir hücrenin kaç kromatiti vardır?

Çözüm Bir kromozomda 2 kromatit vardır.
20 kromozomu olan bir hücrede
 $20 \times 2 = 40$ kromatit bulunur.



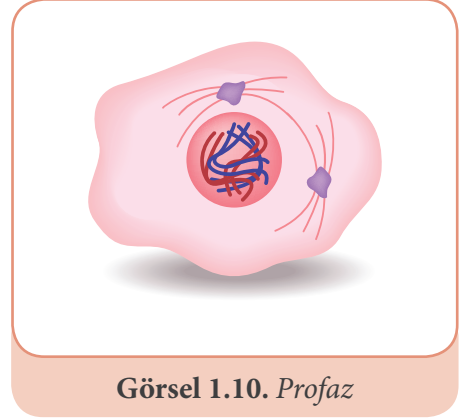
Görsel 1.9. Kardeş kromatit

İnterfaz tamamlandıktan sonra bölünme evresi (mitotik evre) başlar. Mitotik evrede önce **çekirdek bölünmesi (mitoz)** sonra **sitoplazma bölünmesi (sitokinez)** gerçekleşir.

Mitoz (çekirdek bölünmesi) **profaz, metafaz, anafaz ve telofaz** aşamalarından oluşur.

Profaz

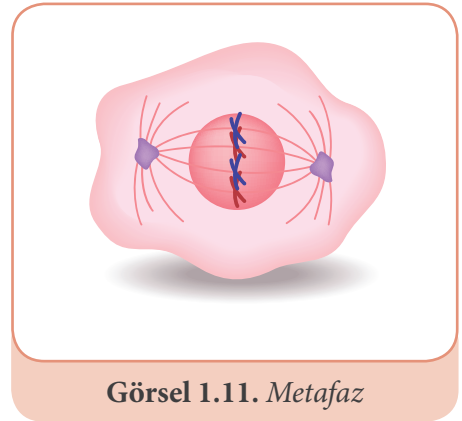
Mitozun ilk evresidir. İnterfaz evresinde DNA'nın kendini eşlemesiyle oluşan kardeş kromatitler bu evrede kısalıp kalınlaşarak **kromozom** hâlini alır. Sentrozomlar hücrenin zıt kutuplarına çekilerek aralarında iğ iplikleri oluşur. Oluşan bu iğ iplikleri kromozomlara tutunur. Sentozomu olmayan bitki hücrelerinde ise sitoplazmadaki proteinler sayesinde iğ iplikleri oluşarak kromozomlara tutunur. Profazın sonuna doğru çekirdek zarı, çekirdekçik ve endoplazmik retikulum erimeye başlar.



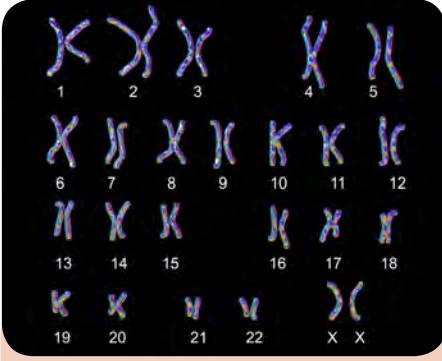
Görsel 1.10. Profaz

Metafaz

Mitozun ikinci evresidir. Kromozomlar kardeş kromatitler hâlinde iğ ipliklerine tutunarak hücrenin ekvator bölgesinde düzlem üzerinde dizilir. Kromozomların mikroskopta en belirgin olarak görüldüğü evredir.



Görsel 1.11. Metafaz



Görsel 1.12. Karyotip

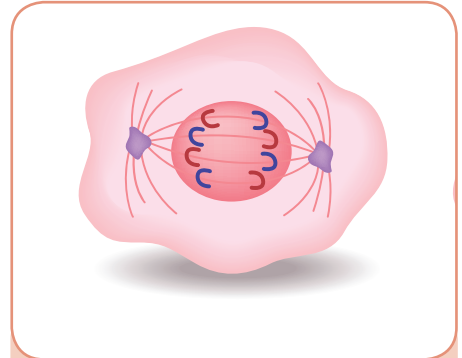
Metafaz evresinde kromozomlar tek tek sayılabilir ve fotoğraflanabilir. Böylece kromozomlar sayı, uzunluk, bantlaşma, sentromer konumu gibi özelliklerine göre gruplandırılarak dizilir. Bu işleme **karyotip oluşturma** denir. Karyotip oluşturularak kromozom sayısındaki ve kromozomlardaki anormallikler belirlenir. Örneğin; Down Sendromu gibi kromozom sayısına bağlı durumlar karyotip analizi ile tespit edilir.

Örnek Mitoz geçiren bir hücrenin metafaz evresinde 32 tane kromatit tespit edilmiştir. Buna göre bu hücrenin kromozom sayısı kaçtır?

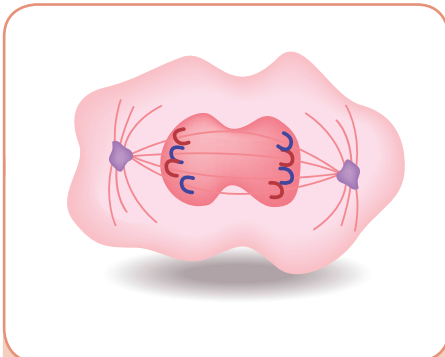
Çözüm 1 kromozom = 2 kromatit olduğuna göre, $32/2 = 16$ kromozom bulunur.

Anafaz

Anafaz aşaması, genetik maddenin ikiye bölüştürüldüğü aşamadır. Bu evrede iğ ipliklerinin boyları kısalır. Böylece iğ ipliklerine sentromerlerinden tutulu olan kardeş kromatitler birbirinden ayrılarak zıt kutuplara çekilir. Kromatitler birbirinden ayrıldıktan sonra **kromozom** adını alır. Yani iğ iplikleri tarafından zıt kutuplara çekilen her kromatit yeni hücrenin kromozomu olur. Anafaz sırasında hücre hafifçe uzar. Anafazın sonunda hücrenin her iki kutbu da eşit sayıda kromozom takımına sahip olur. Kromozomların kutuplara ulaşmasıyla anafaz sona erer.



Görsel 1.13. Anafaz



Görsel 1.14. Telofaz

Telofaz

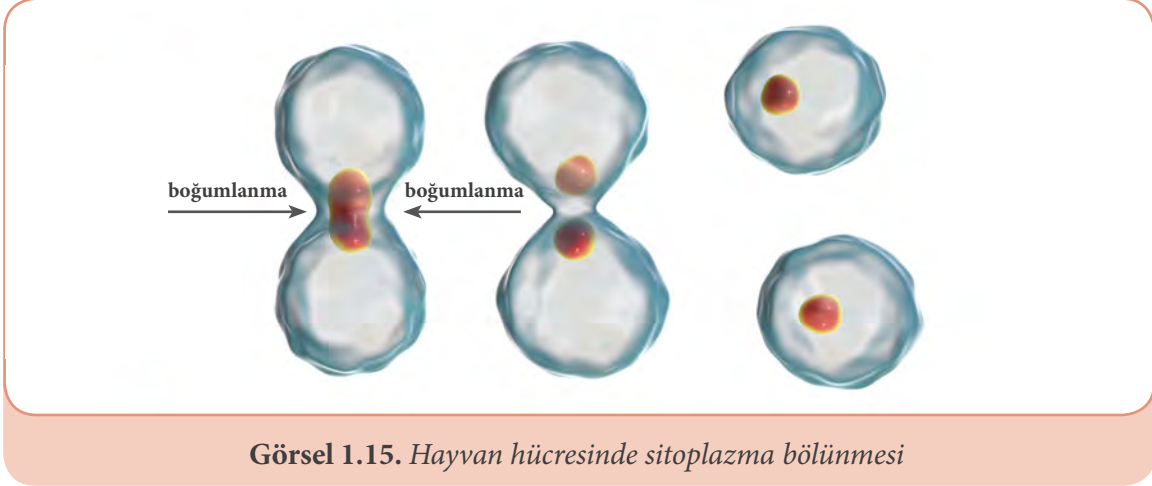
Mitozun dördüncü ve son evresidir. Kutuplara ulaşmış olan iki kromozom seti çekirdek zarı ile çevrilir, iğ iplikleri kaybolur, çekirdekçik görünür hâle gelir, kromozomlar kromatin hâlini alır.

Sitoplazma Bölünmesi (Sitokinez)

Telofazın başlangıç aşamasında çekirdek zarının oluşması ile aynı anda **sitokinez** adı verilen sitoplazma bölünmesi başlar. Sitokinezin tamamlanması ile iki hücre meydana gelir.

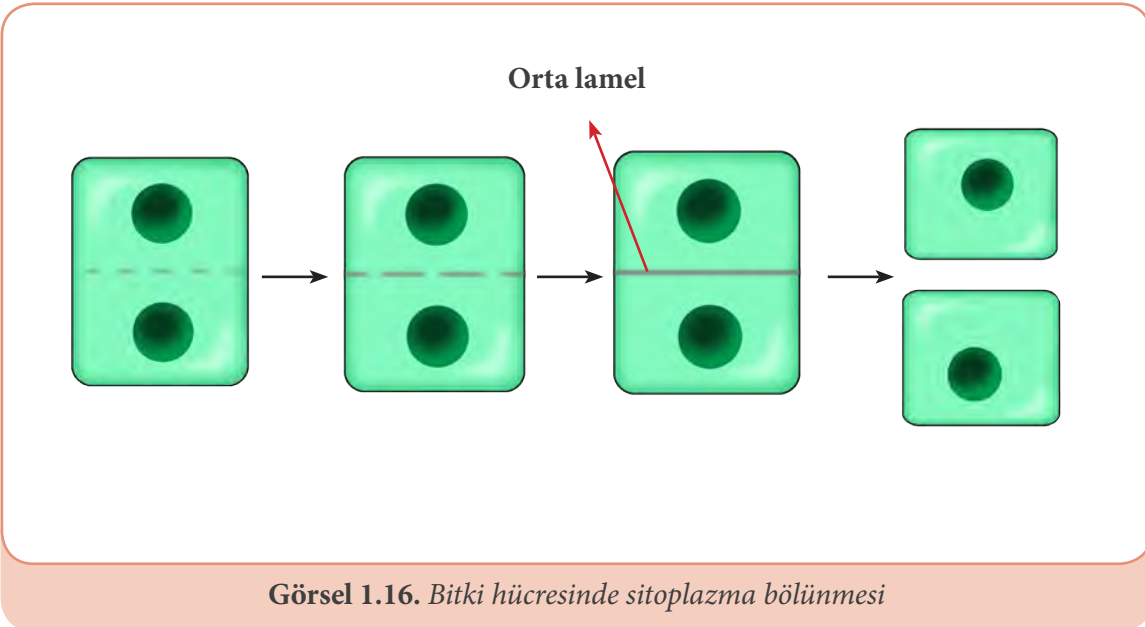
Sitoplazmanın bölünmesi hayvan ve bitki hücrelerinde farklı şekilde gerçekleşir.

Hayvan hücrelerinde, ekvatorial bölgede hücre zarı bir girinti hâlinde içeriye doğru boğumlanmaya başlar. Bu girinti hücreyi ikiye ayırana kadar devam eder. Böylece sitoplazma bölünür ve iki yavru hücre oluşur. Oluşan hücreler kromozom sayısı, DNA miktarı ve genetik yapı bakımından birbirinin aynıdır.



Görsel 1.15. Hayvan hücresinde sitoplazma bölünmesi

Bitki hücrelerinde hücre çeperi bulunduğundan hayvan hücrelerinde olduğu gibi hücre zarı boğumlanamaz. Bu yüzden bitki hücrelerinde sitokinez sırasında golgi aygıtından kopan kesecikler hücrenin ortasında **hücre plağı (orta lamel)** oluşturur. Hücre plağı hücre zarıyla kaynaşmaya kadar büyümeye devam eder. Hücre zarıyla kaynaşır kaynaşmaz bitki hücresi iki yavru hücreye bölünmüş olur. Böylece ana hücre ile kromozom sayısı ve genetik yapısı aynı olan iki yeni hücre oluşur.



Görsel 1.16. Bitki hücresinde sitoplazma bölünmesi

Mitoz sonucunda bir ana hücreden, bu hücreyle aynı özellikleri taşıyan iki yavru hücre meydana gelir. Mitoz sonucu oluşan hücrelerin kromozom sayısı ve genetik yapısı ana hücreyle aynıdır.

Örnek 20 kromozomlu bir hücrenin arka arkaya üç kez mitoz geçirmesi sonucu toplam kaç hücre oluşur ve oluşan hücreler kaç kromozomludur?

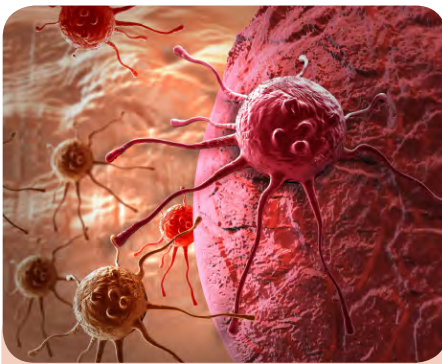
Çözüm Mitoz sonucu oluşan hücre sayısını bulmak için 2^n formülünden yararlanılır. “n” ile ifade edilen mitoz bölünme sayısıdır. Mitoz bölünme sayısı soruda 3 olarak verilmiştir. Buna göre; $2^n = 2^3 = 2.2.2 = 8$ hücre oluşur. Mitoz sonucu oluşan hücrelerin kromozom sayısı değişmediği için oluşan hücrelerin kromozom sayısı 20’dir.

Uygulama Şekilde mitoz’un evreleri verilmiştir. Bu evrelerin meydana geliş sırasına göre dizilimi nasıldır?



Çözüm I nolu evre Profaz’ın sonlarını göstermekte.
II nolu evre Profaz’ın başlarını göstermekte.
III nolu evre Telofaz’ı göstermekte.
IV nolu evre Metafaz’ı göstermekte.
V nolu evre Anafaz’ı göstermekte.

Mitoz’un evreleri gerçekleşme sırasına göre; Profaz, Metafaz, Anafaz ve Telofaz’dır. Buna göre şekilde verilen evrelerin dizilimi **II-I-IV-V-III** şeklindedir.



Görsel 1.17. *Kanser kontrolsüz hücre bölünmesi sonucu oluşur.*

Hücre Bölünmesinin Kontrolü ve Kansere İlişkisi

Hücre döngüsünün, belirli bazı kontrol noktaları ve kontrol sistemleri vardır. Bu sistemler hücrede döngüsel olarak işlev gören bazı molekül grupları ile çalışır. Bu molekül grupları hem hücre döngüsündeki kritik olayları harekete geçirir hem de döngüdeki olayların eşgüdümlü olarak gerçekleşmesini sağlar. Çeşitli nedenlerle bu kontrol ortadan kalkarsa hücreler kontrolsüz olarak bölünüp çoğalır. Bu da tümör oluşumuna ve kanser hastalığına neden olur.

Yapılan çalışmalarda sağlıklı bir hücrenin laboratuvar ortamında 20-50 kez bölündüğü, kanserli hücrelerin ise uygun besin ortamında hiç durmadan bölündüğü

gözlenmiştir. Örneğin **HeLa** hücreleri 1951 yılından beri laboratuvar ortamında hâlâ çoğalmaktadır. Çoğalmaya devam eden bu hücreler 1951 yılında kanserden hayatını

kaybeden Henrietta Lacks isimli bir kadının kanserli dokusundan alınmıştır. HeLa hücreleri kanser araştırmalarında kullanılan ilk insan hücreleri olması açısından önemlidir.

Kanserli hücreler, kan ve lenf dolaşımı ile bütün vücudu dolaşarak diğer dokulara yayılabilir. Bu hücrelerin tümör oluşturdukları ilk dokudan daha uzak dokulara sıçramasına yani yayılım göstermesine **metastaz** denir.

Kanserli hastalara **kemoterapi** denilen ilaç tedavisi ve **radyoterapi** denilen ışın tedavisi uygulanmaktadır. Bu tedavi yöntemleri ile kanserli hücrelerin bölünmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır.

Onkoloji ise kanser bilimi demektir. Kanser araştırmaları, tedavi yöntemleri ve korunma yolları gibi konular onkolojinin çalışma alanlarını oluşturur.



Görsel 1.18. Kanserli hastalara uygulanan kemoterapi tedavisi.

1.1.3. Eşeysiz Üreme

Üreme canlıların temel özelliklerinden biridir çünkü canlıların nesillerini devam ettirebilmeleri için kendilerine benzer canlılar meydana getirmeleri gerekir. Böylece kendi gen bileşimlerini sonraki kuşaklara aktarırlar.



Üreme ile canlılar bir yandan türün devamlılığını bir yandan da genetik özelliklerin yeni bireylere aktarılmasını sağlar.

Üreme **eşeyli** ve **eşeysiz** üreme olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Eşeysiz üreme mitoz temeline, eşeyli üreme mayoz temeline dayanır.

Eşeysiz üremede, üreme hücreleri yoktur. Üreme hücreleri olmadığı için dölleme olayı da olmaz. Bu üreme tipinin temeli mitozla dayanır. Ana birey mitozla çoğalarak yeni bireyler meydana getirir. Oluşan bu yeni bireyler ana bireyle aynı genetik yapıya sahiptir. Eşeysiz üremede kalıtsal çeşitlilik olmadığı gibi birey sayısı da hızlı artar. Asmadan kesilen bir dal toprağı dikildiğinde, bu dal parçasından yeni asmalar gelişir. Aynı şekilde menekşeden bir yaprak koparıp suda bekleterek köklendirdikten sonra, saksıya dikildiğinde yeni menekşe yaprakları çıkmaya başlar. Bu örneklerde olduğu gibi eşeysiz üremeyle bir bitki organından o bitkiyle tamamen aynı genetik yapıya sahip yeni bitkiler meydana getirilir.



Görsel 1.19. Asmadan kesilen bir dal toprağı dikildiğinde, bu dal parçasından yeni asmalar gelişir.

Bu yöntemlerden özellikle tarım alanında sıkça yararlanır. Hurma, çilek gibi bitkiler eşeysiz üreme yolları kullanılarak çoğaltılır. Böylece kısa sürede çok miktarda ürün elde edilir. Sadece bitkiler de değil diğer canlı gruplarının bazılarında da eşeysiz üreme görülür.

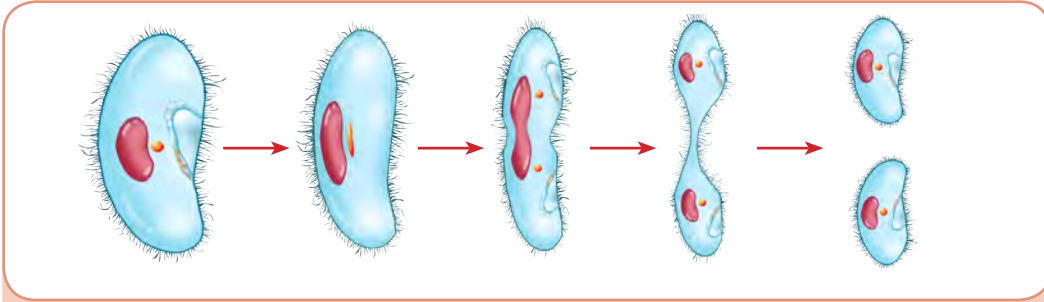
Eşeysiz üreme çeşitleri:

- Bölünerek üreme,
- Tomurcuklanma ile üreme,
- Sporla üreme,
- Rejenerasyon ile üreme,
- Partenogenez
- Bitkilerde vejetatif üreme.

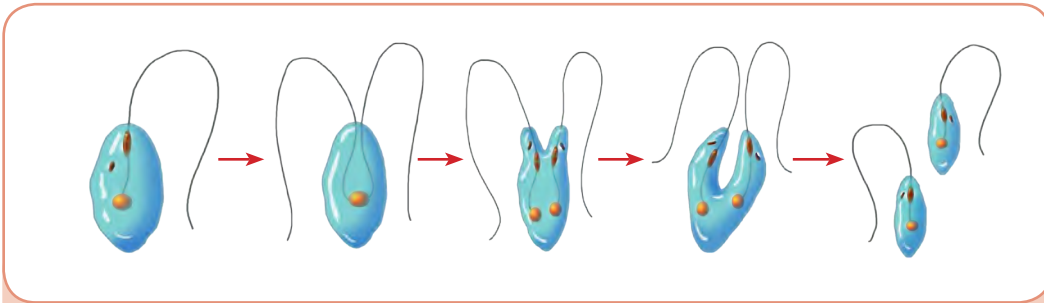
a) Bölünerek Üreme

Bir hücreli canlılarda görülen ve hızlı gerçekleşen bir üreme yöntemidir. Büyüyen ve olgunlaşan hücrenin ikiye bölünmesiyle gerçekleşir. Ökaryot canlılardan amip, öglena ve paramesyum gibi tek hücrelilerde, prokaryot canlılardan ise bakteri ve arkelerde görülür.

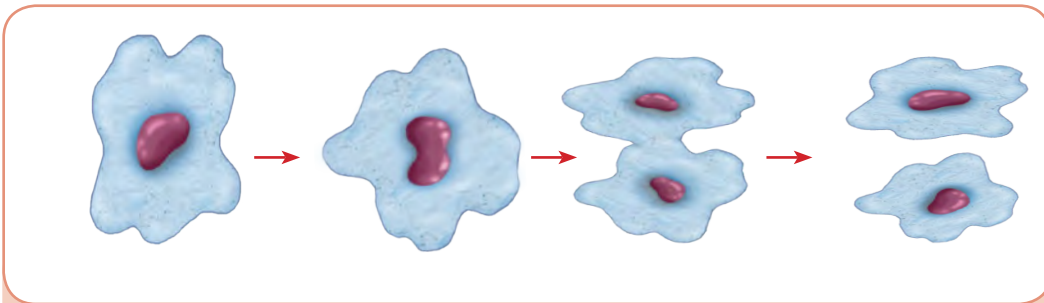
Ökaryot canlılarda bölünme canlının şekline göre farklı bölgelerden başlar. Örneğin; paramesyum enine, öglena boyuna, belirli bir şekli olmayan amip ise her yönde bölünür.



Görsel 1.20. Paramesyumda bölünme enine olur.

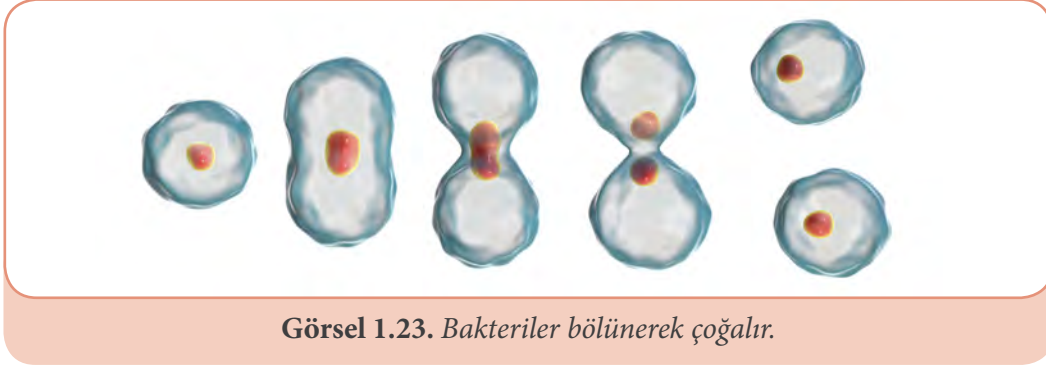


Görsel 1.21. Öglenada bölünme boyuna olur.



Görsel 1.22. Amipte bölünme her yönde olur.

Bakteriler prokaryot canlılardır, çekirdekleri yoktur. Bakterilerin sitoplazmalarında serbest hâlde bulunan DNA'ları, bölünme sırasında kendini eşleyerek miktarını iki katına çıkarır. Bu DNA oluşacak olan yavru hücrelere eşit olarak dağıtılır. Bu sırada hücre uzayıp boğumlanarak ikiye bölünür. Bu işlemin sonunda iki yavru hücre oluşur.

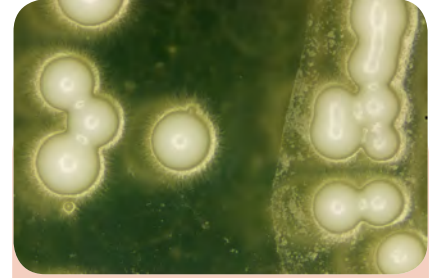


Görsel 1.23. Bakteriler bölünerek çoğalır.

Bölünerek çoğalmada oluşan yavru bireyler, birbiri ile aynı kalıtsal özellikte ve hemen hemen aynı büyüklüktedir. Bölünerek çoğalmada birey sayısı genelde 2, 4, 8, 16, 32... gibi geometrik artış gösterir.

b) Tomurcuklanma ile Üreme

Tomurcuklanma ile üreme; ana bireyin vücudunda oluşan bir çıkıntının, başka bir deyişle tomurcuğun, büyüyerek ana canlıdan ayrılıp yeni bir canlı oluşturması veya ayrılmayıp ana canlı üzerinde yaşayarak koloniler meydana getirmesidir. Tomurcuklanma ile üreme maya mantarı gibi bazı tek hücreli canlılarda, hidra, sünger ve mercan gibi omurgasızlarda görülür. Tomurcuk mitoz bölünme ile meydana geldiğinden, tomurcuklanma ile oluşan bireyler ana birey ile aynı genetik yapıdadır. Ama bu yavrular birbirinden ve ana bireyden farklı büyüklüklerde olabilir.



Görsel 1.24. Maya mantarında tomurcuklanma.

c) Sporla Üreme



Görsel 1.25. Mantarlarda, karayosununda ve eğreltiotunda sporla üreme görülür.

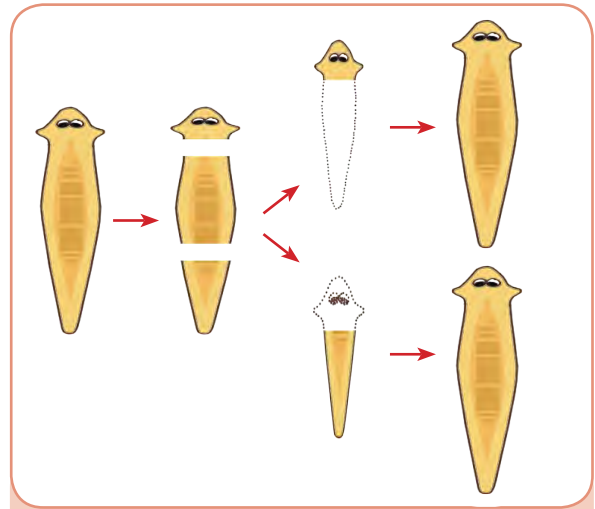
Spor; sağlam yapılı örtüleri olan, elverişsiz koşullara dayanıklı, özelleşmiş hücrelerdir. Çevre şartları uygun değilse spor hücresi bu dayanıklı yapısı sayesinde hayatta kalabilir. Uygun şartlarda ise gelişerek yeni canlıyı oluşturur. Ayrıca suyla, rüzgarla ya da diğer araçlarla taşınabildiği için ana canlının bulunduğu bölgenin çok uzaklarında bile yeni canlıyı oluşturabilir.

Sporla üreme; tek hücrelilerden plazmodyumda, çok hücrelilerden mantarlarda ve tohumusuz bitkilerde (karayosunları ve eğrelti otları) görülür.

d) Rejenerasyon İle Üreme

Canlının zarar gören kısımlarını onarmasına **rejenerasyon**, canlıdan kopan bir parçanın kendini tamamlayarak yeni bir canlı oluşturmasına **rejenerasyonla üreme** denir. Denizyıldızı, toprak solucanı, denizanası ve planarya gibi canlılarda rejenerasyonla üreme gözlenir. Bu canlıların vücudundan kopan bir parça, mitozla eksik kısımlarını tamamlayarak yeni bir birey meydana getirebilir.

Canlının gelişmişlik düzeyi ile rejenerasyon yeteneği arasında ters orantı vardır. Canlının gelişmişlik düzeyi arttıkça rejenerasyon yeteneği azalır. Rejenerasyon; planarya, denizyıldızı, toprak solucanı ve denizanası gibi gelişmişlik düzeyi az olan canlılarda üremeyi sağlarken, kertenkele ve semender gibi daha gelişmiş canlılarda zarar gören organların yenilenmesini sağlar. İnsan gibi yüksek yapılı canlılarda ise rejenerasyon doku düzeyinde gözlenir. Örneğin bir yaranın iyileşmesi, deri, karaciğer, dil, mide ve kırılan kemiklerin onarılması.

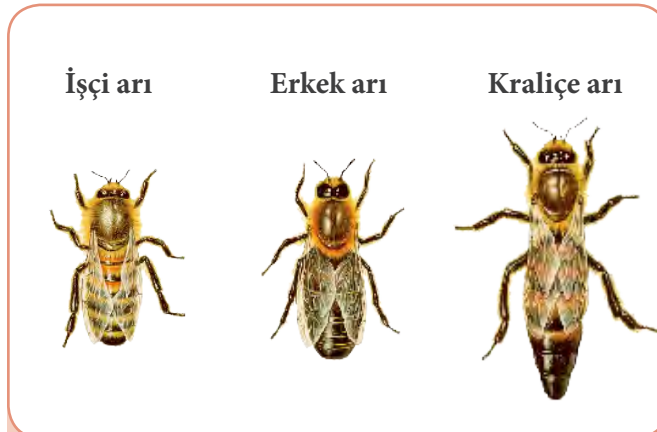
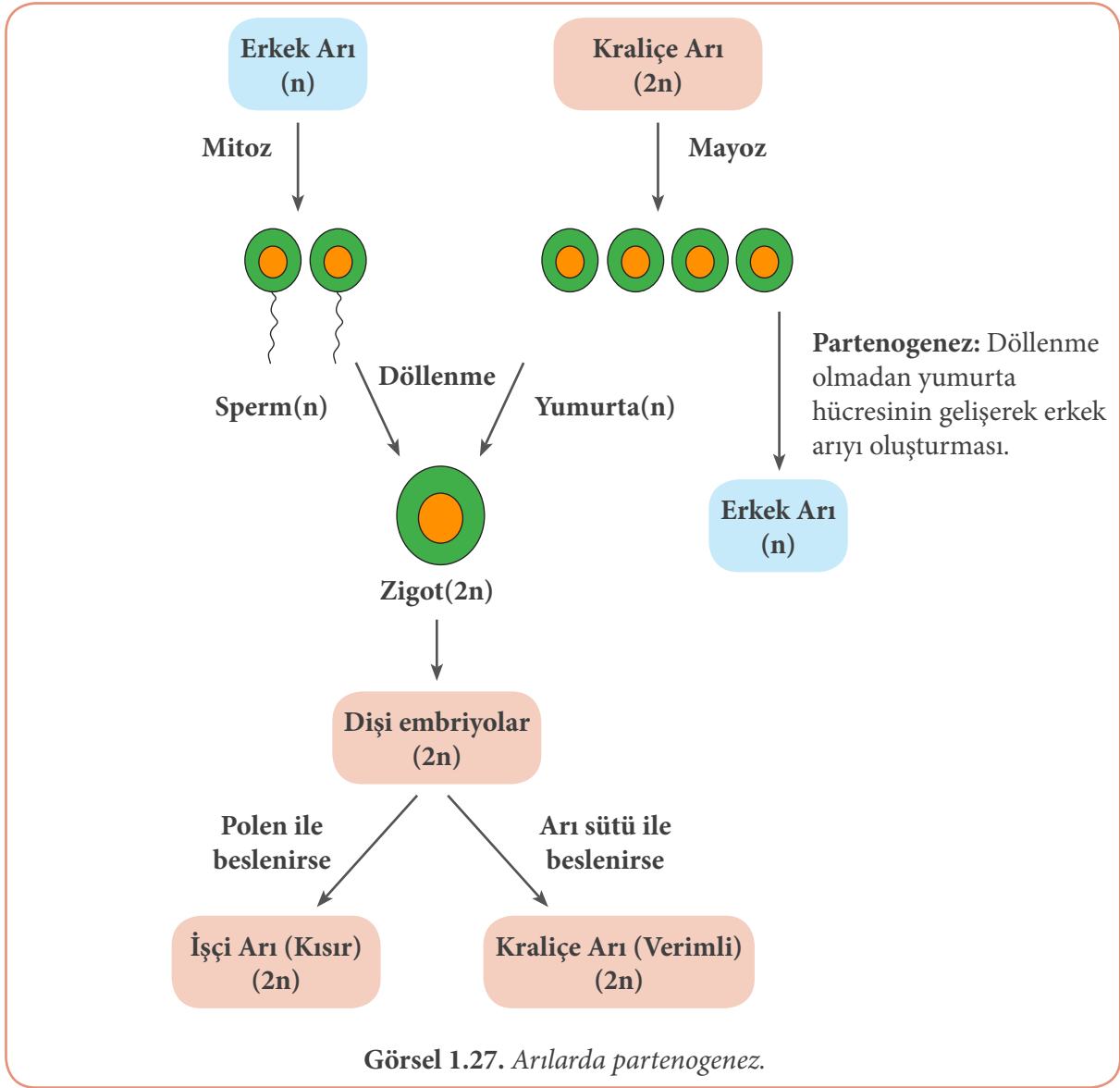


Görsel 1.26. Planaryada rejenerasyonla üreme.

e) Partenogenez

Döllenenmiş yumurta hücresinin gelişerek yeni bireyi oluşturmasına partenogenez denir. Eklem bacaklılarda, arılarda, su pirelerinde, karıncalarda, yaprak bitlerinde ve bazı kelebeklerde görülür. Ayrıca bazı balık, kurbağa, sürüngen ve kuş türlerinde de **partenogenez** görülebilmektedir.

Bir bal arısı kovanında **kraliçe arı**, **işçi arı** ve **erkek arı** bulunur. Erkek arılar **haploit(n) kromozomlu**, dişi arılar **diploit(2n) kromozomlu**dur. Erkek arılar haploit kromozomlu olduğu için üreme hücreleri **mitozla** oluşur. Dişi arılar diploit kromozomlu olduğu için üreme hücreleri **mayozla** oluşur. Erkek arıların üreme hücresine **sperm**, dişi arıların üreme hücresine **yumurta** denir. Oluşan yumurta hücrelerinin bazıları sperm hücresi ile birleşerek **dölllenme** olayı gerçekleşir. Böylece diploit kromozomlu **dişi embriyolar** oluşur. Bu embriyolardan polen ile beslenenler **işçi arıları**, arı sütü ile beslenen **kraliçe arıyı** oluşturur.

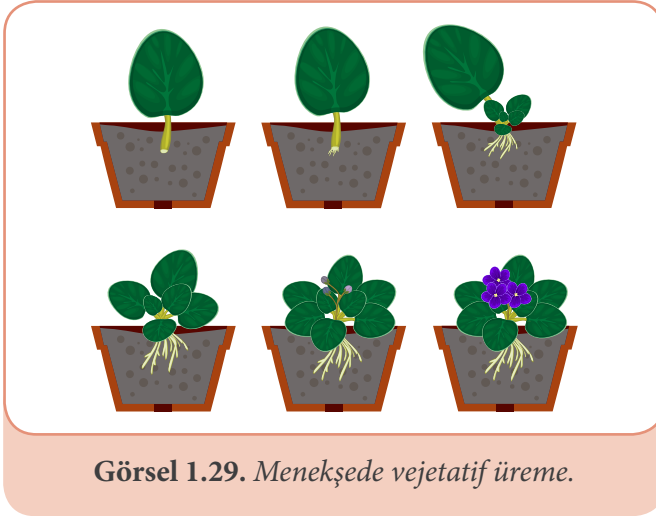


Görsel 1.28. Bal arısı kovanında **kraliçe arı**, **işçi arı** ve **erkek arı** bulunur.

Kraliçe arı kovandaki en iri ve en gösterişli arıdır. İşçi arılar ise üreme yetenekleri körelmiş, kısır bireylerdir. Küçük vücutlu olan bu arılar, balın üretimi, larvaların beslenmesi ve kovanın bakımından sorumludur.

Yumurta hücrelerinin bazıları ise döllenme olayı olmadan gelişerek erkek arıları oluşturur. Bu olaya **partenogenez** denir. Erkek arılar döllenme olayı olmadan yumurta hücrelerinin gelişmesiyle oluştuğu için **haploittir**. Erkek arıların oluşumunu sağlayan yumurtalar mayozla oluştuğu için

erkek arıların genetik yapıları birbirinden farklı olabilir.



Görsel 1.29. Menekşede vejetatif üreme.

f) Bitkilerde Vejetatif Üreme

Bitkiler, eşeyli üremenin yanında eşeysiz üreme çeşidi olan vejetatif üreme ile de çoğalır. Vejetatif üreme mitoz ve yenilenme esasına dayanır. Bu üreme şeklinde yüksek yapılı bitkilerin gövde, dal ve yaprak gibi organlarından alınan parçalar köklendirilerek yeni bitkiler elde edilir. Bu yolla elde edilen bitkiler ana bitkiyle aynı kalıtsal yapıya sahiptir. Yani bu yolla genetik çeşitlilik olmadan tek bir ana bireyden birbirinin genetik kopyası olan çok sayıda bitki üretilmiş olur. Örneğin; menekşe bitkisinden

aldığımız bir yaprağı suda köklendirip saksıya diktiğimizde yaprağı aldığımız menekşenin aynısını elde ederiz.

Bitkilerin sürünücü gövde, yumru gövde, rizom gövde, yassı gövde (soğan) gibi yapılarında bulunan büyüme dokularından gelişen fidelerin yeni bireyler oluşturması da birer vejetatif üreme şeklidir.

Çilek bitkisinin toprak üzerinde bulunan sürünücü gövdesinin üzerinde bulunan gözlerden filizlenen yapılar yeni çilek bitkilerinin oluşmasını sağlar. Oluşan çilek bitkisi ana bitkiyle aynı genetik yapıya sahiptir.



Görsel 1.30. Çilek



Görsel 1.31. Patates

Yer elması, patates gibi bitkilerin yumru gövdeleri üzerinde bulunan gözlerden gelişen sürgünler ana bitkiyle aynı genetik yapıya sahip bireyleri oluşturur.

Ayrık otu, zencefil gibi bitkilerde rizom denilen toprak altı gövdesindeki gözlerden gelişen sürgünler ana bitkiyle aynı genetik yapıya sahip yeni bitkiler oluşturur.



Görsel 1.32. Zencefil



Görsel 1.33. Soğan

Soğan, lale, sarımsak gibi bitkilerin yassı gövdelerindeki gözler gelişerek ana bitkiyle aynı genetik yapıdaki yavru bitkileri oluşturur.

Eşeysiz Üreme Tekniklerinin Bahçecilik ve Tarım Sektörlerindeki Uygulamaları

Eşeysiz üreme tekniklerinden olan çelikle ve soğanla üreme, tohumla üremeye göre kısa zamanda daha çok ve daha kaliteli bitkiler yetiştirmeyi sağladığı için tarımsal üretimde sıkça kullanılır.

Çelikle üreme; çelik adı verilen bitki parçasından yeni bitki oluşur. Çelik, bazen bitkiden alınan küçük bir sürgün, bazen bir yaprak bazen de genç bir dal olabilir. Çelik adı verilen bu bitki parçasının köklendirilip dikilmesi ile ana bitkiyle aynı genetik yapıda yeni bitkiler oluşur.

Begonya, menekşe gibi saksı bitkilerinden alınan yaprakların köklendirilip saksıya dikilerek çoğaltılması ya da kavak ve söğüt gibi ağaç türlerinden alınan genç dalların köklendirilip toprağa dikilerek çoğaltılması çelikle üretime örnektir. Bu yöntem uzun yıllardır tarımda kullanılmaktadır. Örneğin kırmızı elma 150 yıldır çelik adı verilen genç dalların köklendirilmesiyle üretilen bir çeşittir. Çekirdeksiz üzüm ve muz üretiminde de bu yöntem kullanılmaktadır.



Görsel 1.34. Elma, muz ve çekirdeksiz üzüm üretiminde çelikle üretim kullanılmaktadır.

Soğanla üremede; soğan, sümbül, lale, sarımsak gibi bitkilerin **soğan** adı verilen yassı gövdelerindeki gözler gelişerek yeni bitkiyi oluşturur. Oluşan bu yeni bitki ana bitkiyle aynı genetik yapıdadır. Soğanla üretimde sonbaharda dikilen soğanlar ilkbaharda çiçek açar. Yaprakları henüz yeşilken soğanlar topraktan özenle çıkarılır. Ana soğanın çevresinde oluşmuş yavru soğanlar dikkatlice ayrılır. Ayrılan yeni soğanlar kuru ve nemsiz bir ortamda ekim mevsimine kadar bekletilir. Ekim mevsimi geldiğinde soğanlar fazla bekletilmeden ekilmelidir. Geç ekim yapıldığında çiçeklenme gecikebilir veya soğan çiçek açmayabilir.



Görsel 1.35. Soğan, lale, sarımsak gibi bitkilerde soğanla üreme

2. BÖLÜM MAYOZ VE EŞEYLİ ÜREME

NELER ÖĞRENECEĞİZ?

Bu bölümü tamamladığımızda;

1. Mayozu,
2. Eşeyli üremeyi ve örneklerini öğreneceğiz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Diploit
- Döllenme
- Eşeyli üreme
- Haploit
- Crossing over
- Mayoz
- Sinapsis
- Tetrat



Hazırlık Çalışması

Eşeyli üremede iki ayrı eşeyin üreme hücresi birleştiği halde kromozom sayısında bir artış olmaz. Kromozom sayısı sabit kalır. Sizce bunun nedeni nedir?



Görsel 1.36. Eşeyli üremede kromozom sayısı sabit kalır



Görsel 1.37. Eşeyli üremeye oluşan yavrular tamamen anneye ya da tamamen babaya benzemez

Eşeyli üremeye oluşan yavrular neden tamamen anneye ya da tamamen babaya benzemez?

2.1. Mayoz ve Eşeyli Üreme

Eşeyli üreyen bir türün bireylerinin kromozom sayıları eğer bir anormallik gerçekleşmediyse hep sabittir, değişmez. Örneğin insanda 46, eğrelti otunda 500, güvercinde 16 kromozom vardır ve bu kromozom sayıları tür içinde sabittir.

Eşeyli üremede iki ayrı eşeyin **üreme hücresinin oluşması** ve **döllenmesi** gerekir. Üreme hücreleri mitoz ile oluşsaydı döllenme sonucu oluşan yavrunun kromozom sayısı, anne ve babanın kromozom sayısının iki katı olması gerekirdi. Ama biliyoruz ki tür içinde kromozom sayısı sabittir, değişmez. O zaman üreme hücrelerinin kromozom sayısının yarıya inmesi gerekir. Böylece döllenme ile oluşan zigotun kromozom sayısı yeniden tür içi kromozom sayısına ulaşır. Üreme hücrelerinin kromozom sayısının yarıya inmesi **mayoz** ile olur. Mayoz özel bir hücre bölünmesidir. Bu bölünme ile diploit (2n) sayıda kromozom içeren hücrelerden, haploit (n) sayıda kromozom içeren hücreler meydana gelir. Mayoz sonucu oluşan bu hücrelere **gamet (üreme hücresi)** denir. Döllenme ile dişi ve erkek bireyden gelen gametler (n) birleşerek diploit (2n) sayıda kromozom içeren **zigot** oluşur. Böylece tür içindeki kromozom sayısı korunmuş olur.



Eşeyli üremede tür içinde kromozom sayısının sabit tutulması mayoz ile sağlanır.

Eşeyli üremede yavrular anneden ve babadan gelen üreme hücrelerinin (gametlerin) birleşmesi ile oluştuğu için hem anneden hem babadan gelen genleri taşır. Bu yüzden tamamen anneye ya da tamamen babaya benzemez. Biraz annenin biraz babanın özelliklerini taşır.

2.1.1. Mayoz

Mayoz ile eşeyli üreyen canlılar üreme hücrelerini (gamet) oluşturur. Mayoz geçirecek olan hücreye **üreme ana hücresi** denir. Üreme ana hücresi **interfaz** denilen uzun bir hazırlık evresinden sonra **Mayoz I** ve **Mayoz II** olarak adlandırılan iki bölünme evresi geçirir. Mayoz tamamlandıktan sonra dört tane hücre oluşur. Bu hücreler farklılaşarak üreme hücrelerine (gametlere) dönüşür.

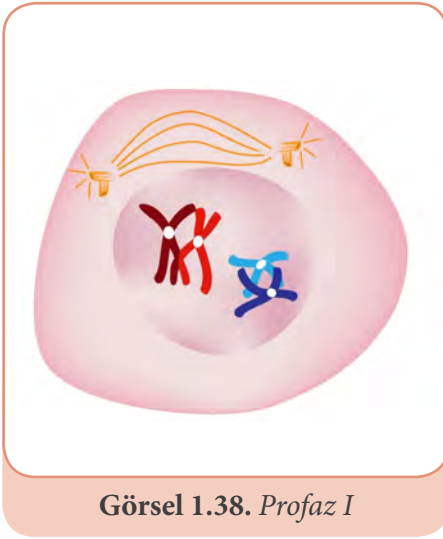
İnterfaz

İnterfaz üreme ana hücresinin bölünme için hazırlık yaptığı evredir. Bu evrede üreme ana hücresi büyür, bölünme için gerekli olan proteinleri üretir, DNA kendini eşler, ATP ve RNA sentezi artar. Ayrıca hayvan hücrelerinde sentrozom eşlenir. Tüm bu hazırlıklarla hücre bölünmeye hazır hâle gelir.

İnterfazdan sonra sırasıyla **Mayoz I** ve **Mayoz II** adı verilen iki bölünme gerçekleşir.

Mayoz I

İnterfazdan hemen sonra **Mayoz I** başlar. Mayoz I'in evreleri; **Profaz I**, **Metafaz I**, **Anafaz I** ve **Telofaz I**'dir.



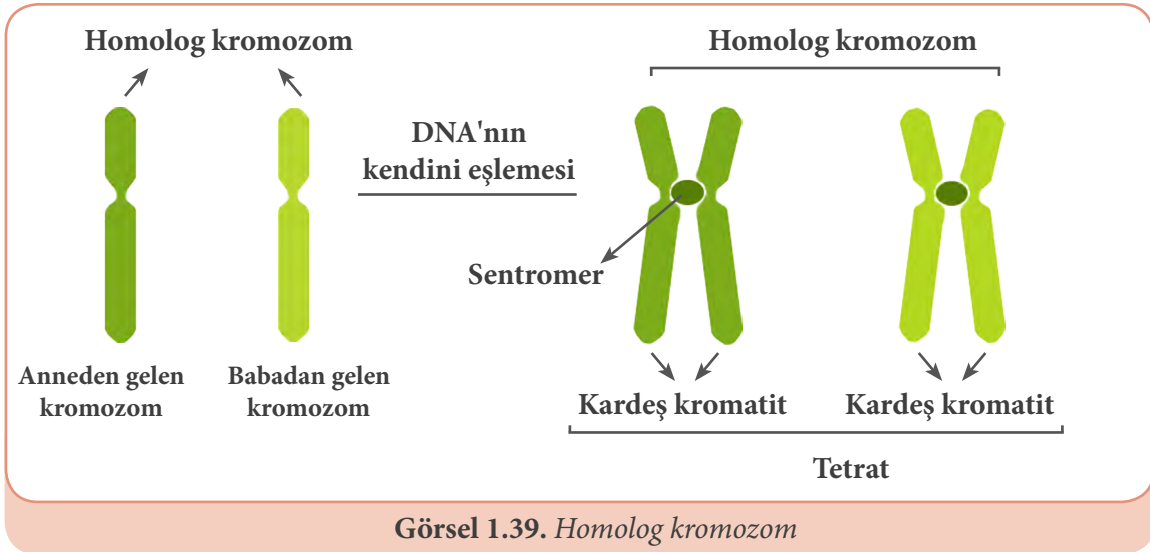
Görsel 1.38. Profaz I

Profaz I

İnterfazda kromatin iplik halinde olan genetik madde bu evrede kısalıp kalınlaşarak belirgin hale gelir. Kendini interfaz evresinde eşlemiş olan iki kromatitli **homolog kromozomlar** yan yana gelerek dört kromatitden oluşmuş **tetrat** adı verilen yapıyı oluşturur. Tetratların sayısı haploit (n) kromozom sayısına eşittir.



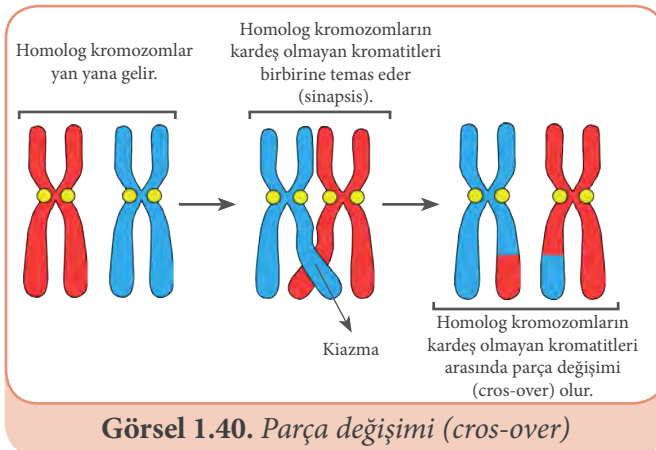
Homolog kromozom; biri anneden diğeri babadan gelen, aynı karakterlerle ilgili genleri taşıyan kromozom çiftleridir.



Görsel 1.39. Homolog kromozom

Tetrat oluşumundan sonra homolog kromozomlar yan yana gelerek kardeş olmayan kromatitler birbirine temas eder. Bu olaya **sinapsis**, birbirine değdikleri noktaya **kiazma** denir.

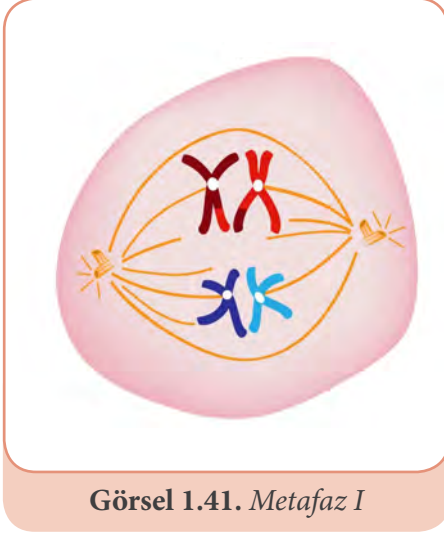
Sinapsis sırasında homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında parça değişimi olur. Bu olaya **cross-over (parça değişimi)** denir.



Görsel 1.40. Parça değişimi (cross-over)

Parça değişimi mayoz bölünmenin en önemli olayıdır. Parça değişimi ile yeni gen bileşimleri meydana gelir. Böylece aynı türün bireyleri arasında farklı özelliklerin ortaya çıkması sağlanır. Yani genetik çeşitlilik sağlanır.

Profaz I'in sonunda çekirdek zarı parçalanır, çekirdekçik yok olur. Sentrozomlar birbirlerinden uzaklaşarak iğ ipliklerini oluşturur. Sitoplazmada serbest kalan tetratlar iğ ipliklerine tutunur.



Görsel 1.41. Metafaz I

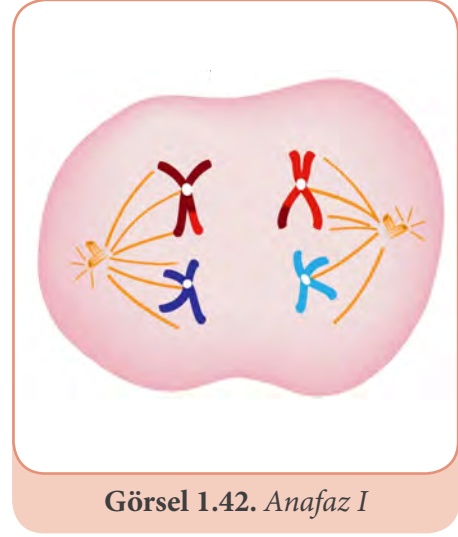
Metafaz I

Sentrozomlar kutuplara giderek iğ ipliklerini uzatır. İğ iplikleri uzadıkça onlara bağlı olan homolog kromozomlar (tetratlar) hücrenin ekvatorial düzleminde düzgün bir şekilde iki sıra hâlinde dizilir. Metafaz I kromozomların en belirgin olarak gözleendiği evredir. Kromozom sayısı bilinmeyen bir hücrenin metafaz I'deki tetrat sayısı belirlenerek kromozom sayısı bulunabilir.

Anafaz I

Anafaz I evresinde, tetratı oluşturan iki homolog kromozom iğ ipliklerinin kısalmasıyla zıt kutuplara çekilerek birbirinden ayrılır. Homolog kromozomların ayrılması, oluşacak hücrelerdeki kromozom sayısının yarıya inmesini sağlar.

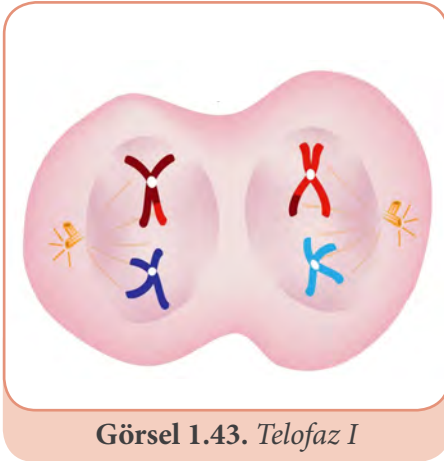
Ayrıca homolog kromozomların hangisinin hangi kutba gideceği şansa bağlı olarak gerçekleşir. Bu durum ve parça değişimi olayı gametlerdeki genetik çeşitliliğe katkı sağlar.



Görsel 1.42. Anafaz I



İnsanda 23 çift homolog kromozom vardır. Bu homolog kromozomların Anafaz I'de şansa bağlı olarak kutuplara gitmesiyle $2^{23}=8,4$ milyon kadar farklı genetik yapıda gametin oluşması mümkün olur.



Görsel 1.43. Telofaz I

Telofaz I

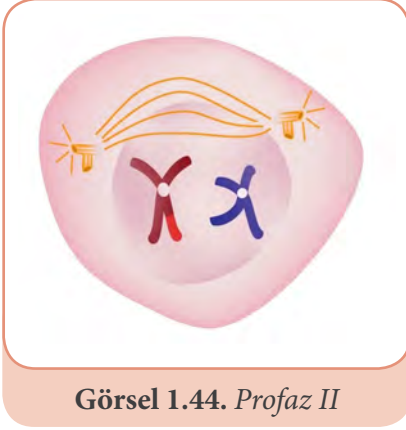
Anafaz I'de birbirinden ayrılarak kutuplara çekilmiş olan kromozomların etrafında telofaz I evresinde çekirdek zarı oluşur. Hücre, iki çekirdekli hâle gelir. Her bir çekirdeğin içerisinde tam bir haploit (n) kromozom takımı yer alır ve bu evrede iğ iplikleri kaybolur.

Telofaz I ile eş zamanlı olarak ya da hemen ardından **sitokinez (sitoplazma bölünmesi)** meydana gelir. Sitokinez mitozda olduğu gibi hayvan hücrelerinde boğumlanma, bitki hücrelerinde ara plak oluşumu şeklinde gerçekleşir. Sitokinezin tamamlanmasıyla mayoz I sona erer.

Mayoz II başlamadan önce interfaz evresi görülmez. Dolayısıyla DNA kendisini eşlemez. Sadece sentrozomların kendini eşlemesi gerçekleşir.

Mayoz II

Mayoz I sonunda meydana gelen haploit (n) kromozomlu hücreler mayoz II'de tekrar bölünür ve n kromozomlu 4 tane hücre meydana gelir. Mayoz II ana hatlarıyla mitozla benzer. Mayoz II'nin evreleri; **Profaz II**, **Metafaz II**, **Anafaz II** ve **Telofaz II**'dir.



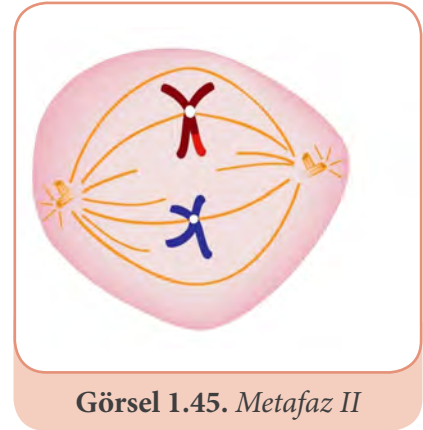
Görsel 1.44. Profaz II

Profaz II

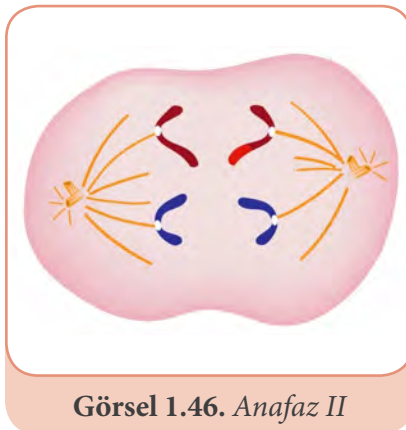
Profaz II'de çekirdek zarı eriyerek kaybolur. Kromatin iplik hâlinde olan genetik madde bu evrede kısalıp kalınlaşarak belirgin hâle gelir. Sentrozomlar zıt kutuplara giderken aralarında iğ iplikleri oluşmaya başlar. İğ iplikleri kromozomlara tutunur.

Metafaz II

Bu evrede kromozomlar hücrenin ekvator düzlemine tek sıra halinde dizilir. Kromozomları oluşturan kardeş kromatitler genetik açıdan birbirinin aynı olabileceği gibi profaz I'de gerçekleşen parça değişimi olayından dolayı birbirinden farklı da olabilir. Metafaz I'de kromozomlar hücrenin ekvator düzleminde iki sıra hâlinde dizilirken metafaz II'de tek sıra halinde dizilir.



Görsel 1.45. Metafaz II



Görsel 1.46. Anafaz II

Anafaz II

Bu evrede iğ ipliklerinin kısılmasıyla kardeş kromatitler birbirinden ayrılır ve zıt kutuplara doğru çekilir. Zıt kutuplara çekilen her bir kardeş kromatit **kromozom** adını alır.

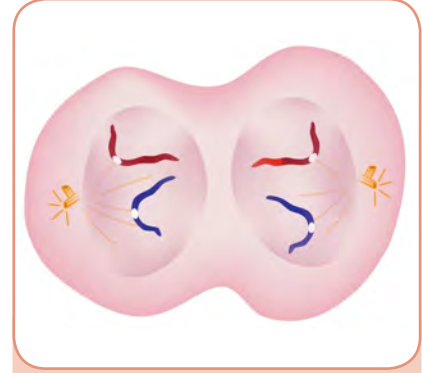


Mayoz bölünmenin anafaz I evresinde homolog kromozomlar birbirinden ayrılırken anafaz II evresinde kardeş kromatitler birbirinden ayrılır.

Telofaz II

Telofaz II, mayoz bölünmenin son evresidir. Bu evrede kutuplara çekilen kromozomların etrafında çekirdek zarı oluşur. Hücre, iki çekirdekli hâle gelir. Her bir çekirdeğin içerisinde tam bir haploit (n) kromozom takımı yer alır. İğ iplikleri kaybolur.

Telofaz II ile eş zamanlı olarak ya da peşi sıra sitoplazma bölünmesi başlar. Sitoplazma hayvan hücrelerinde boğumlanarak, bitki hücrelerinde ara plak oluşturarak bölünür. Sitoplazma bölünmesinin tamamlanmasıyla haploit (n) kromozom sayısına sahip dört hücre oluşur.



Görsel 1.47. Telofaz II

Uygulama Bölünmekte olan bir hücreyle ilgili hangi olayların gözlemlenmesi hücrenin kesinlikle mayoz geçirdiğini gösterir?

Çözüm Mayoz'a özgü olaylar;

- Parça değişimi,
- Metafaz I'de homolog kromozomların hücrenin ekvatorol düzleminde çift sıra âlinde dizilmesi,
- Anafaz I'de homolog kromozomların birbirinden ayrılması,
- Telofaz I sonunda kromozom sayısı yarıya inmiş iki hücre oluşması,
- Telofaz II sonunda kromozom sayısı yarıya inmiş dört hücrenin oluşması.

Bu olaylardan herhangi birinin gözlemlenmesi hücrenin mayoz geçirdiği anlamına gelir.

Mayoz ile diploit (2n) kromozom sayısına sahip bir hücreden dört tane haploit (n) kromozomlu hücre oluşur. Bu hücreler bazı değişikliklere uğrayarak üreme hücrelerine (gamet) dönüşür. Gametlerin bölünme yetenekleri yoktur ancak iki gametin birleşmesiyle oluşan zigot bölünme yeteneğine sahiptir.

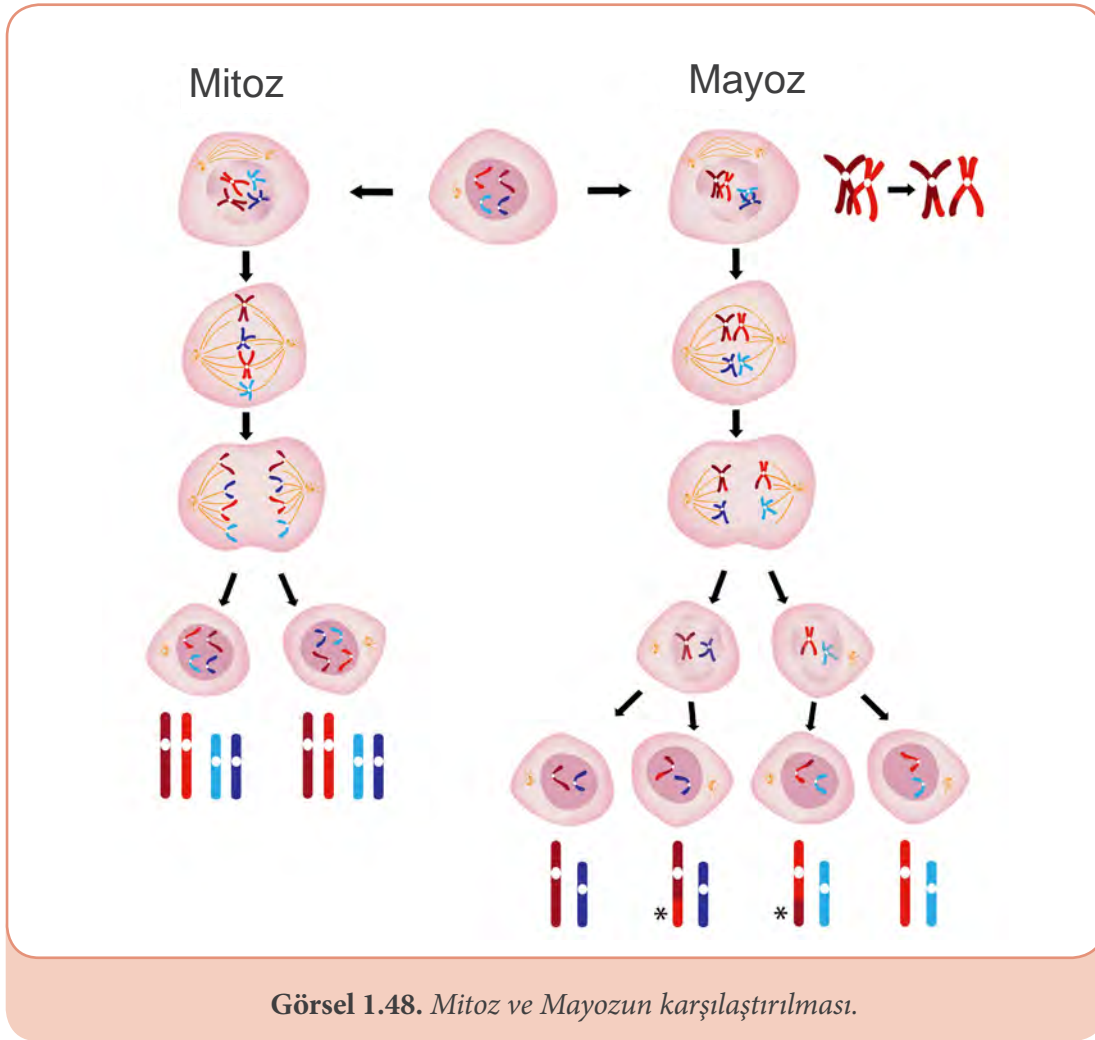
Bir türün bireyleri arasındaki **genetik çeşitlilik** ve **tür içinde kromozom sayısının sabit kalması** mayoz ile sağlanır.

Mayozda, profaz I evresinde gerçekleşen parça değişimi olayı yeni gen kombinasyonlarının oluşmasını sağlar. Böylece genetik çeşitlilik sağlanır. Ayrıca anafaz I'de, homolog kromozomların birbirinden ayrılarak kutuplara rastgele çekilmesi de genetik çeşitliliğe katkı sağlar. Böylece mayoz sayesinde genetik bakımdan farklı olan çok sayıda gamet oluşur.

Mitoz ve Mayoz'un genel özellikleri tablodaki gibidir.

Mitoz	Mayoz
Vücut hücrelerinde görülür.	Üreme ana hücrelerinde görülür.
Sonucunda iki hücre oluşur.	Sonucunda dört hücre oluşur.
Kromozom sayısı değişmez.	Kromozom sayısı yarıya iner.
Oluşan hücrelerin genetik yapısı ana hücreyle aynıdır.	Oluşan hücrelerin genetik yapısı ana hücreden farklıdır.
Çok hücrelilerde büyüme, gelişme ve yaraların onarılmasını sağlar.	Eşeyli üreyen canlılarda eşey hücrelerinin (gamet) oluşmasını sağlar.
Kromozomlar arasında parça değişimi (cross-over) olmaz.	Kromozomlar arasında parça değişimi (cross-over) olur.
Genetik çeşitlilik sağlanmaz.	Genetik çeşitlilik sağlanır.

Mitozun ve mayozun evrelerinde gerçekleşen olayların karşılaştırılması şemadaki gibidir.



2.1.2. Eşeyli Üreme

Eşeyli üremede dişi ve erkek olmak üzere iki ata birey vardır. Ataların her biri farklı genetik yapıda **gametler (üreme hücresi)** üretir. Dişi ve erkek bireyden gelen bu gametlerin birleşmesiyle oluşan üreme şekline eşeyli üreme denir.

Bitkiler âleminde tohumlu bitkiler **eşeyli üreme** ile çoğalır.



Çam ağacı



Papaty



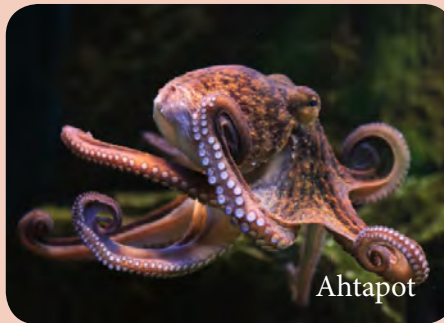
Gül

Görsel 1.49. Çam ağacı, papatya, gül gibi tohumlu bitkilerde eşeyli üreme görülür.

Halkalı solucanlar, yumuşakçalar, eklem bacaklılar ve derisi dikenliler gibi omurgasız hayvanlar da eşeyli üreme ile çoğalır.



Toprak solucanı



Ahtapot

Görsel 1.50. Toprak solucanı, ahtapot, deniz keşanesi ve örümcek gibi omurgasız hayvanlarda eşeyli üreme görülür.



Deniz keşanesi



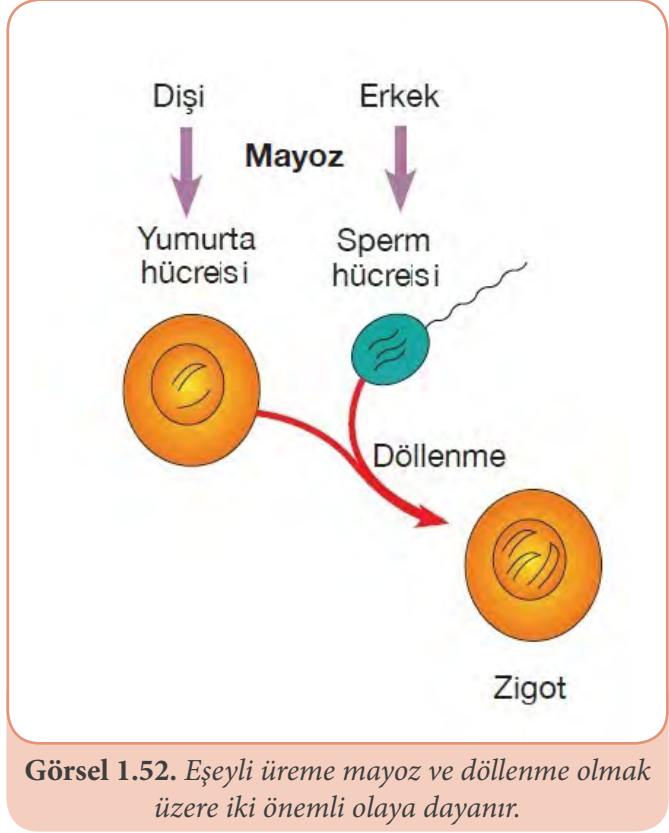
Örümcek

Omurgalı hayvanların (balıklar, kurbağalar, sürüngenler, kuşlar ve memeliler) tamamı eşeyli üreme ile çoğalır.



Görsel 1.51. Balık, kurbağa, yılan, kuş ve yarasa gibi omurgalı hayvanların tamamı eşeyli üreme ile çoğalır.

Eşeyli üreme **mayoz** ve **döllenme** olmak üzere iki önemli olaya dayanır. Mayoz ile farklı genetik yapıda gametler oluşur. Döllenme ile de dişi ve erkek bireyden gelen gametler birleşerek zigotu, zigotta gelişerek yeni bireyi oluşturur. Oluşan bu yeni birey hem anneden hem babadan gelen genetik özellikleri taşır. Eşeyli üremede farklı iki ataya ait genetik özelliklerin yeni bireyde ortaya çıkması tür içi çeşitliliğe katkı sağlar. Bu da türün değişen çevre koşullarına uyum şansını artırır. Değişen çevre koşullarına uyum sağlayan tür varlığını sürdürür.



Görsel 1.52. Eşeyli üreme mayoz ve döllenme olmak üzere iki önemli olaya dayanır.



Görsel 1.53. Eşeyli üreme sonucu oluşan yavrular hem kardeşlerinden hem anne ve babalarından farklı genetik özelliklere sahiptir.

Genetik çeşitliliği sağlayan eşeyli üremenin etkisiyle dünyada bulunan yaklaşık 7 milyar insanın, tek yumurta ikizleri hariç, hiçbiri birbirine tıpatıp benzemez. Yani eşeyli üreme sonucu oluşan yavrular hem kardeşlerinden hem anne ve babalarından farklı genetik özelliklere sahiptir.

ÖZET

1.Bölüm: Mitoz ve Eşeysiz Üreme**1.1.1. Canlılarda Hücre Bölünmesinin Gerekliği**

Hücre bölünmesinin temel nedeni, hücrenin hacim yüzey oranının (r^3 / r^2) bozulmasıdır. Sitoplazma hücre zarına göre daha fazla büyüdüğü için hücre zarı besin alışverişini, atık maddelerin atılımını ve gaz alışverişini sağlamada zorlanır. Çekirdek de artan sitoplazma yüzünden hücreyi yönetmekte güçlük çeker. Bütün bunlar çekirdekten bölünme emri verilmesine neden olur ve hücre bölünür.

Hücre bölünmesi çok hücreli canlılarda büyüme ve gelişmeyi, yaraların iyileşmesini ve üreme hücrelerinin oluşmasını sağlarken, tek hücreli canlılarda çoğalmayı sağlar.

1.1.2. Mitoz

Mitoz uzun bir **interfaz evresi** ile kısa bir **bölünme evresinden (mitotik evre)** oluşur. Bölünme evresi **çekirdek bölünmesi (mitoz)** ve **sitoplazma bölünmesinden (sitokinez)** meydana gelir. Çekirdek bölünmesi (mitoz) **profaz, metafaz, anafaz ve telofaz** aşamalarından oluşur.

İnterfaz evresinde hücre büyür. Bölünme için gerekli olan protein, enzim, RNA ve ATP sentezi artar. DNA kendini eşler. Ribozom, mitokondri, kloroplast ve golgi aygıtı gibi sitoplazmik organellerin sayısı artarken hayvan hücresinde bulunan sentrozom organeli de kendini eşleyerek sayısını ikiye çıkarır.

Profazda DNA'nın kendini eşlemesiyle oluşan kardeş kromatitler kısalıp kalınlaşarak **kromozom** hâlini alır. Sentrozomlar hücrenin zıt kutuplarına çekilerek aralarında iğ iplikleri oluşur. Oluşan iğ iplikleri kromozomlara tutunur. Profazın sonuna doğru çekirdek zarı, çekirdekçik ve endoplazmik retikulum erimeye başlar.

Metafazda kromozomlar hücrenin ekvator bölgesinde bir düzlem üzerinde tek sıra halinde dizilir. Kromozomların mikroskopta en belirgin olarak görüldüğü evredir.

Anafazda iğ ipliklerinin boyları kısalır. Böylece iğ ipliklerine tutulu olan kardeş kromatitler birbirinden ayrılarak zıt kutuplara çekilir. Anafaz sırasında hücre hafifçe uzar. Anafazın sonunda hücrenin her iki kutbu da eşit sayıda kromozom takımına sahip olur. Kromozomların kutuplara ulaşmasıyla anafaz sona erer.

Telofazda kromozomlar hücrenin zıt kutuplarına ulaştıktan sonra iğ iplikleri kaybolur. Çekirdek zarı yeniden oluşur, çekirdekçik belirginleşir. Bu sırada sitoplazma bölünmesi (sitokinez) başlar. Sitoplazma hayvan hücrelerinde boğumlanarak bitki hücrelerinde orta lamel oluşturularak bölünür.

1.1.3. Eşeyşiz Üreme

Eşeyşiz üremenin temeli mitozla dayanır. Ana birey mitozla çoğalarak yeni bireyler meydana getirir. Oluşan bu yeni bireyler ana bireyle aynı genetik yapıya sahiptir. Eşeyşiz üreme çeşitleri; bölünerek üreme, tomurcuklanma ile üreme, sporla üreme, rejenerasyon ile üreme, partenonenez ve bitkilerde vejetatif üreme şeklindedir. Eşeyşiz üreme tekniklerinden olan çelikle ve soğanla üreme, tohumla üremeye göre kısa zamanda daha çok ve daha kaliteli bitkiler yetiştirmeyi sağladığı için tarımsal üretimde sıkça kullanılır.

2.Bölüm: Mayoz ve Eşeyli Üreme

2.1.1. Mayoz

Mayoz ile eşeyli üreyen canlılar üreme hücrelerini (gamet) oluşturur. Mayoz geçirecek olan hücre **interfaz** denilen uzun bir hazırlık evresi geçirir. İnterfazdan sonra **Mayoz I** ve **Mayoz II** olarak adlandırılan iki bölünme evresi gerçekleşir. Mayoz tamamlandıktan sonra dört tane üreme hücresi oluşur.

İnterfaz evresi üreme ana hücresinin bölünme için hazırlık yaptığı evredir. Bu evrede üreme ana hücresi büyür, bölünme için gerekli olan proteinleri üretir, DNA kendini eşler, ATP ve RNA sentezi artar. Ayrıca hayvan hücrelerinde sentrozom eşlenir. Tüm bu hazırlıklarla hücre bölünmeye hazır hâle gelir. İnterfazdan sonra sırasıyla **Mayoz I** ve **Mayoz II** adı verilen iki bölünme gerçekleşir.

Mayoz I interfazdan hemen sonra başlar. Mayoz I'in evreleri; **Profaz I**, **Metafaz I**, **Anafaz I** ve **Telofaz I**'dir

Profaz I'de homolog kromozomlar yan yana gelerek kardeş olmayan kromatitleri arasında parça değişimi olur. Bu olaya **cross-over (parça değişimi)** denir. Parça değişimi ile genetik çeşitlilik sağlanır. Profaz I'in sonunda çekirdek zarı parçalanır, çekirdekçik yok olur. Sentrozomlar birbirlerinden uzaklaşarak iğ ipliklerini oluşturur. Kromozomlar iğ ipliklerine tutunur.

Metafaz I'de homolog kromozomlar (tetradlar) hücrenin ekvatorial düzleminde düzgün bir şekilde iki sıra hâlinde dizilir. Metafaz I kromozomların en belirgin olarak gözlemlendiği evredir.

Anafaz I'de iğ ipliklerinin kısılmasıyla homolog kromozomlar zıt kutuplara çekilerek birbirinden ayrılır. Böylece oluşacak hücrelerdeki kromozom sayısı yarıya iner. Homolog kromozomların hangisinin hangi kutba gideceğinin rastgele olması ve parça değişimi olayı gametlerdeki genetik çeşitliliğe katkı sağlar.

Telofaz I'de birbirinden ayrılarak kutuplara çekilmiş olan kromozomların etrafında çekirdek zarı oluşur. İğ iplikleri kaybolur. Bu evrenin sonuna doğru **sitokinez (sitoplazma bölünmesi)** başlar. Sitokinez mitozda olduğu gibi hayvan hücrelerinde boğumlanma, bitki hücrelerinde ara plak oluşumu şeklinde gerçekleşir. Mayoz I sonunda n kromozomlu iki hücre oluşur.

Mayoz II ana hatlarıyla mitozla benzer. Mayoz I sonunda oluşan haploit (n) kromozomlu hücreler bu evrede tekrar bölünerek n kromozomlu 4 tane hücre oluşturur.

Profaz II'de çekirdek zarı eriyerek kaybolur. Kromatin iplik hâlinde olan genetik madde kısalıp kalınlaşarak belirgin hâle gelir. Sentrozomlar zıt kutuplara giderken aralarında iğ iplikleri oluşmaya başlar. İğ iplikleri kromozomlara tutunur.

Metafaz II'de kromozomlar hücrenin ekvator düzlemine dizilir. Kromozomları oluşturan kardeş kromatitler genetik açıdan birbirinin aynı olabileceği gibi profaz I'de gerçekleşen parça değişiminden dolayı birbirinden farklı da olabilir. Metafaz I'de kromozomlar hücrenin ekvator düzleminde iki sıra hâlinde dizilirken metafaz II'de tek sıra halinde dizilir.

Anafaz II'de iğ ipliklerinin kısılmasıyla kardeş kromatitler birbirinden ayrılır ve zıt kutuplara doğru çekilir. Zıt kutuplara çekilen her bir kardeş kromatit **kromozom** adını alır.

Telofaz II'de kutuplara çekilen kromozomların etrafında çekirdek zarı oluşur. İğ iplikleri kaybolur. Bu evrenin sonuna doğru **sitokinez (sitoplazma bölünmesi)** başlar. Sitokinez hayvan hücrelerinde boğumlanma, bitki hücrelerinde ara plak oluşumu şeklinde gerçekleşir. Mayoz II sonunda n kromozomlu dört hücre oluşur. Bu hücreler bazı değişikliklere uğrayarak üreme hücrelerine (gamet) dönüşür. Gametlerin bölünme yetenekleri yoktur ancak iki gametin birleşmesiyle oluşan zigot bölünme yeteneğine sahiptir.

2.1.2. Eşeyli Üreme

Eşeyli üremede dişi ve erkek olmak üzere iki ata birey vardır. Ataların her biri farklı genetik yapıda **gametler (üreme hücresi)** üretir. Dişi ve erkek bireyden gelen bu gametlerin birleşmesiyle oluşan üreme şekline **eşeyli üreme** denir.

Eşeyli üreme **mayoz** ve **dölllenme** olmak üzere iki önemli olaya dayanır. Mayoz ile farklı genetik yapıda gametler oluşur. Dölllenme ile de dişi ve erkek bireyden gelen gametler birleşerek zigotu, zigotta gelişerek yeni bireyi oluşturur. Oluşan bu yeni birey hem anneden hem babadan gelen genetik özellikleri taşır. Eşeyli üremede tür içi çeşitlilik vardır. Bu durum türün değişen çevre koşullarına uyum şansını artırır. Değişen çevre koşullarına uyum sağlayan tür varlığını sürdürür.

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Eşeyli üreme ile çoğalan bir canlı türünde, aşağıdaki olaylardan hangisinin genetik çeşitliliğe katkısı olmaz?
- A) Parça değişimi (Cross-over)
B) Döllenme
C) Mayozda kromozomların şansa bağlı olarak kutuplara çekilmesi
D) Sitokinez
2. Bölünmekte olan bir hücre ile ilgili olarak,
I. DNA'sının iki katına çıkmış olması
II. Homolog kromozomlarının tetrat oluşturmuş olması
III. Kromozomların hücrenin ekvatoriyal düzleminde tek sıra hâlinde dizilmiş olması
durumlarından hangileri bu hücrenin mayoz geçirdiğine işaret eder?
- A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve II
3. Mayoz geçiren 46 kromozumlu bir hücrenin anafaz II evresinde kaç kromozom vardır?
- A) 46 B) 23
C) 44 D) 92
4. Mayozda,
I. Kromozomların kendini kopyalaması
II. Sitoplazma bölünmesi (sitokinez)
III. Kromozomların hücrenin ekvator düzleminde dizilmeleri
olaylarından hangileri iki kez gerçekleşir?
- A) I ve II B) II ve III
C) I ve III D) I, II ve III
5. Mayoz ve mitoz karşılaştırılacak olursa aşağıdaki olaylardan hangisinin mayoza özgün olmadığı görülür?
- A) Kromozom sayısının yarıya inmesi
B) Tetrat oluşumunun görülmesi
C) Kromatitlerin birbirinden ayrılması
D) Sinaps oluşumunun görülmesi
6. Mayoz geçiren $2n=18$ kromozumlu bir hücrede kaç tane tetrat oluşur?
- A) 2 B) 9
C) 18 D) 27

7. Vejetatif üremeyle çoğalan bitkilerin boyuna büyümeyi sağlayan hücrelerinde;

- I. Sitoplazma bölünmesi
- II. Homolog kromozomların ayrılması
- III. Orta lamel oluşması
- IV. Sentrozom bölünmesi
- V. Kromatitlerin kutuplara çekilmesi

olaylarından hangileri görülmez?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve IV
- D) III ve IV

8. Aşağıdaki çoğalma olaylarının hangisinde parça değişimi (krosing over) görülebilir?

- A) Balıktan yeni bir balık oluşması
- B) Planaryada bölünen parçanın yenilenmesi
- C) Öglenanın mitozla bölünmesi
- D) Maya hücresinin tomurcuklanması

9. Eşeyli üreyen bir canlıda,

- I. Mayoz ile gametlerin oluşması
- II. Gametlerin iki farklı bireyden gelmesi
- III. Döllenmenin gerçekleşmesi

olaylarından hangileri gerçekleşir?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

10. Biri anneden, diğeri babadan gelen, şekilleri, büyüklükleri birbirine eşit olan; aynı kalıtsal özellikleri kontrol eden genleri taşıyan kromozom çiftlerine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Diploit kromozom
- B) Haploit kromozom
- C) Homolog kromozom
- D) Vücut kromozomu

11. Aşağıdaki canlıların hangisinde sporla üreme görülür?

- A) Bakteri
- B) Elma ağacı
- C) Mantar
- D) Paramecium

12. Ana bitkinin gövde, dal, yaprak gibi organlarının döllenme olmaksızın gelişerek yeni bitki oluşturmasına verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Eşeyli üreme
- B) Vejetatif üreme
- C) Bölünerek üreme
- D) Tomurcuklanarak üreme

13. Aşağıdakilerden hangisi eşeysiz üremenin özelliklerindendir?

- A) Mayoz bölünmenin görülmesi
- B) Krosing - over olayının olması
- C) Döllenmenin gerçekleşmesi
- D) Yavru hücre ile ata hücrenin genetik yapısının aynı olması

14. Aşağıdaki canlıların hangisi tomurcuklanma ile çoğalır?

- A) Amip
- B) Paramesyum
- C) Bakteri
- D) Bira mayası

15. Homolog kromozomlarla ilgili aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

- A) Biri anneden, diğeri babadan gelir.
- B) Şekil ve yapı bakımından benzerdirler.
- C) Canlının en büyük kromozomlarıdır.
- D) Mayoz bölünmede birbirlerinden ayrılırlar.

16. Aşağıda eşeysiz üremeye ilgili verilen bilgilerden hangisi doğrudur?

- A) Canlı üremek için başka canlıya ihtiyaç duyar.
- B) Yavru canlı, atasına göre çevre şartlarına daha dayanıklıdır.
- C) Yavru canlının genetik yapısı atası ile aynıdır.
- D) Genetik çeşitlilik görülür.

17. Aşağıdakilerden hangileri eşeyli üremede görülür?

- I- Gamet oluşumu
 - II- Mayoz bölünme
 - III- Döllenme
- A) I ve II B) II ve III C) I ve III D) I, II ve III

18. Aşağıdakilerden hangileri diploit kromozoma sahiptir?

- I- Sperm hücresi
 - II- Yumurta hücresi
 - III- Zigot
- A) Yalnız III B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

19. Eşeyli üremede haploit yapıda olan yumurta ve spermin birleşmesi olayına verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Zigot
- B) Döllenme
- C) Mitoz bölünme
- D) Mayoz bölünme

20. Aşağıdakilerden hangisi eşeyli üremenin özelliklerinden değildir?

- A) Mayoz bölünmenin görülmesi
- B) Döllenmenin gerçekleşmesi
- C) Erkek ve dişi gametlerin oluşması
- D) Oluşan yavruların ata ile tıpatıp aynı özellikte olması

**2.
ÜNİTE**

**KALITIMIN
GENEL İLKELERİ**

1. Bölüm Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik



1. BÖLÜM

KALITIM VE BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK

NELER ÖĞRENECEĞİZ?

Bu bölümü tamamladığımızda;

1. Kalıtımın genel esaslarını,
2. Genetik varyasyonların biyolojik çeşitliliği açıklamadaki rolünü öğreneceğiz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Alel
- Monohibrit
- Biyolojik Çeşitlilik
- Fenotip
- Gen
- Genotip
- Dihibrit
- Mutasyon
- Dominant
- Otozom
- Eş Baskınlık
- Punnett Karesi
- Eşeye Bağlı Kalıtım
- Rekombinasyon
- Gonozom
- Renk Körlüğü
- Hemofili
- Resesif
- Heterozigot
- Soyağacı
- Homozigot
- Varyasyon



Hazırlık Çalışması

Aynaya baktığınızda göz renginiz, saç tipiniz, ten renginiz, boy uzunluğunuz, yüz tipiniz gibi özellikleriniz bakımından kendinizi annenize, babanıza ya da akrabalarınızdan birine benzettiğiniz oldu mu?



Görsel 2.1. Genetik olarak kendinizi ailenizden kime benzetiyorsunuz?



Görsel 2.2. Cinsiyet genetik durumlara yatkınlıkta etkili midir?

Bazı genetik durumların kadınlarda görülme ihtimali ile erkeklerde görülme ihtimali arasında bir fark var mıdır? Bir başka ifadeyle cinsiyet genetik durumlara yatkınlıkta etkili midir?

Doktorlar teşhis koyarken hastaların anne, baba, kardeş gibi birinci derece yakınlarında da benzer hastalıkların olup olmadığını araştırır. Bazı hastalıkların yakın akrabalarda ortaya çıkma durumu teşhis koyarken oldukça önemlidir. Sizce bunun nedeni nedir?



Görsel 2.3. Doktorlar için teşhis koyarken bazı hastalıkların yakın akrabalarda olma durumu önemli midir?

2.1. Kalıtımın Genel İlkeleri

Yeni doğan bir bebeğin kime benzediği sorusuna aranan cevaplar kalıtım ile ilgili tarih boyunca yapılan ilk gözlemlerdir. Canlı soylarına ait özelliklerin nesilden nesile nasıl aktarıldığı, benzerlik ve farklılıkların ortaya çıkmasını sağlayan faktörlerin neler olduğu uzun yıllar merak konusu olmuştur. Kalıtım bilimi bu merak sonucu ortaya çıkmıştır.

Kalıtım bilimi (genetik) canlı soylarına ait benzerlik ve farklılıkların ortaya çıkmasını sağlayan faktörleri, bu faktörlerin nesilden nesile nasıl aktarıldığını inceler.



Görsel 2.4. Bebek



Görsel 2.5. Gregor Mendel

Kalıtımın esaslarını ortaya koyan ilk çalışmaları Gregor Mendel (Giregor Mendel) yapmıştır. Mendel 1822' de Avusturya'da dünyaya gelmiş, lise eğitiminden sonra Olmutz Felsefe Enstitüsünü bitirmiştir. 1843'te manastırda üç yıl süren teoloji eğitimi aldıktan sonra 1851-53 yılları arasında Viyana Üniversitesinde eğitim görmüştür. Burada Mendel'i etkileyen iki önemli isim olmuştur. Bu isimlerden birincisi fizikçi Doppler'dir. Doppler bilimi deneysel yöntemlerle anlama ve doğal fenomenleri matematiksel olarak açıklama konusunda Mendel'i cesaretlendiren isimdir. İkinci isim ise botanikçi Unger'dir. Unger Mendel'in bitkilerdeki çeşitliliğin nedenlerine ilgi duymasında etkili olmuştur. Bu etkiler sonraları Mendel'in bezelyeler üzerinde yaptığı deneylerde ortaya çıkmıştır.

Mendel bezelyeler üzerinde yapmış olduğu deneylerle kalıtımın esaslarını ortaya koymuştur ancak bu esaslar ölümünden çok sonra anlaşılmıştır.

Mendel çalışmalarından elde ettiği sonuçların matematiksel analizini olasılık ilkelerini kullanarak yapmıştır.

Olasılık her zaman gerçekleşmeyen ancak gerçekleşmesi beklenen olaylardır. Bu tür olaylara şansa bağlı olaylar denir. Olasılık, sonucun hangi oranda gerçekleşeceğini açıklar.

Mendel'in çaprazlama sonuçlarını değerlendirirken kullandığı olasılık ilkeleri şunlardır:

- **Bağımsız olayların sonuçları da bağımsızdır yani şansa bağlı bir olayın bir defa denenmesinden elde edilen sonuçlar aynı olayın daha sonraki deneme sonuçlarını etkilemez.**



1. atış



2. atış



3. atış



4. atış

Madeni para ile yapılan ilk üç atış sonucu yazı gelir.

Madeni para ile yapılan dördüncü atışın da yazı gelme olasılığı $1/2$ 'dir.

Havaya atılan metal bir paranın yazı ya da tura gelme olasılığı $1/2$ 'dir. Parayı üç kez havaya attığımızda her defasında yazı gelmişse bu durum dördüncü atışın sonucunu etkilemez. Dördüncü atışta yazı ya da tura gelme olasılığı $1/2$ 'dir.

• Şansa bağlı iki bağımsız olayın aynı anda birlikte olma olasılığı, bunların ayrı ayrı olma olasılıklarının çarpımına eşittir.

Örneğin aynı anda havaya atılan iki metal paradan birinin tura gelme olasılığı $1/2$, diğerinin de tura gelme olasılığı $1/2$ 'dir. İkisinin aynı anda tura gelme olasılığı bu paraların ayrı ayrı tura gelme olasılıklarının çarpımına eşittir. Yani $1/2 \times 1/2 = 1/4$ 'tür.

Tura gelme olasılığı $1/2$ Tura gelme olasılığı $1/2$

Havaya atılan bu iki paranın aynı anda tura gelme olasılığı ayrı ayrı tura gelme olasılıklarının çarpımına eşittir.

$$1/2 \times 1/2 = 1/4$$

Uygulama Aynı andan havaya atılan üç madeni paradan birincisinin yazı, ikincisinin tura ve üçüncüsünün tura gelme olasılığı nedir?

Çözüm



1. madeni paranın yazı gelme olasılığı $1/2$



2. madeni paranın tura gelme olasılığı $1/2$



3. madeni paranın tura gelme olasılığı $1/2$

Aynı andan havaya atılan üç madeni paradan birincisinin yazı, ikincisinin tura ve üçüncüsünün tura gelme olasılığı ayrı ayrı yazı, tura ve tura gelme olasılıklarının çarpımına eşittir.

$$1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$$

1.1.1. Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik

Bir yerdeki bitki, hayvan ve mikroorganizma türlerinin tamamı o bölgenin biyolojik çeşitliliğini oluşturur. Biyolojik çeşitlilik; ekosistem çeşitliliğini, tür çeşitliliğini ve genetik çeşitliliği kapsar. Genetik çeşitlilik türün gen havuzundaki genlerinin çeşitliliğidir. Bir türün genlerinin sonraki nesillere aktarılmasına **kalıtım** denir. Canlı soylarına ait benzerlik ve farklılıkların ortaya çıkmasını sağlayan faktörleri ve bu faktörlerin nesilden nesile nasıl aktarıldığını inceleyen bilim dalına ise genetik denir.

Aynaya baktığınızda göz renginiz, saç tipiniz, ten renginiz, boy uzunluğunuz, yüz tipiniz gibi özellikleriniz bakımından kendinizi annenize ya da babanıza benzettiğiniz olmuştur. Belli özelliklerinizin annenizi, belli özelliklerinizin de babanızı andırıldığını çevrenizdeki insanlardan da duymuşsunuzdur. Bunun nedeni annenize ve babanıza ait genlerin kalıtım yolu ile size geçmesidir. Böylece bazı özellikleriniz daha çok babanıza bazı özellikleriniz de daha çok annenize benzer.



Görsel 2.6. Anneye ve babaya ait özellikler kalıtım yolu ile çocuklara geçer.



Görsel 2.7. Bazı genetik özelliklere yatkınlıkta cinsiyet etkilidir.

Cinsiyet genetik durumlara yatkınlıkta etkili midir sorusunun cevabı ise “evet” tir çünkü bazı genetik özellikler eşey (cinsiyet) kromozomları ile sonraki nesillere taşınır. Eşey kromozomları X ve Y kromozomlarıdır. Dişi bireyler XX kromozom çiftine, erkek bireyler XY kromozom çiftine sahiptir. Bu yüzden X kromozomu ile ya da Y kromozomu ile taşınan özelliklerin kadınlarda ya da erkeklerde görülme durumları farklıdır.

Doktora gittiğinizde bazı hastalıklar için anne, baba, kardeş gibi aile bireylerinde de olup olmadığı sorusuna maruz kalmışsınızdır. Doktorlar bazı hastalıklara teşhis koyarken bunu araştırmak zorundadır çünkü genetik özellikler gibi bazı hastalıklara yatkınlık da kalıtım yoluyla sonraki nesillere aktarılır. Bazı hastalıkların aile bireyleri arasında görülmüş olması bu hastalıkların ailedeki diğer bireylerde de ortaya çıkma ihtimali olduğunu gösterir.



Görsel 2.8. Doktorlar bazı hastalıklara teşhis koyarken hastaların birinci derece yakınlarında da benzer hastalıkların olup olmadığını araştırır.

1.1.1.1. Kalıtımın Genel Esasları

Kalıtımın genel esaslarını daha iyi anlayabilmek için bazı temel kavramların bilinmesi gerekir.

Kalıtımla İlgili Temel Kavramlar

Gen: Kalıtsal bir karakterin oğul döllere aktarılmasını sağlayan kromozom bölümüne gen denir. Bir başka ifadeyle gen, yaklaşık 1500 adet nükleotidden oluşan DNA parçasıdır.

Alel: Bir karakterin kalıtımından sorumlu gen çeşitlerinin her birine alel denir. Alel sayısı ikiden fazla olsa bile canlı bunlardan ikisini taşır. Bu gen çiftleri homolog kromozomların karşılıklı bölgelerinde bulunur.

Homozigot: Bir karakter için aynı alel genleri taşıyan bireylere **homozigot** (SS,ss) denir.

Heterozigot: Bir karakter için farklı alel genleri taşıyan bireylere **heterozigot** (Ss) denir.

Monohibrit: Bir karakter bakımından heterozigot olan bireylere **monohibrit** denir.

Dihibrit: İki karakter bakımından heterozigot olan bireylere **dihibrit** denir.

Punnet karesi: Çaprazlamalar sonucunda hangi genetik kombinasyonların ortaya çıkabileceğini görmenin kolay bir yolu Punnett karesi yöntemidir. Genetikçi R.C.Punnett (R.C. Punet) tarafından ortaya konan bu yöntemde monohibrit, dihibrit, trihibrit çaprazlamaların sonuçları kolaylıkla görülebilir. Punnett karesinde yatay düzleme erkek bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller, dikey düzleme dişi bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller yazılır. Gametlerin kesiştiği kutucuklarda, iki alel bir araya getirilerek yavrunun genotipi belirlenir. Böylece çaprazlamada gametlerin oluşturabileceği tüm genotipler ortaya çıkarılır. Bu genotiplere göre yavruların fenotipleri saptanır. Böylece hem fenotiplerin hem de genotiplerin oranları belirlenir.

Genotip: Canlının sahip olduğu genlerin tümüne **genotip** denir.

Fenotip: Genotip ve çevresel faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan dış görünüşe **fenotip** denir.

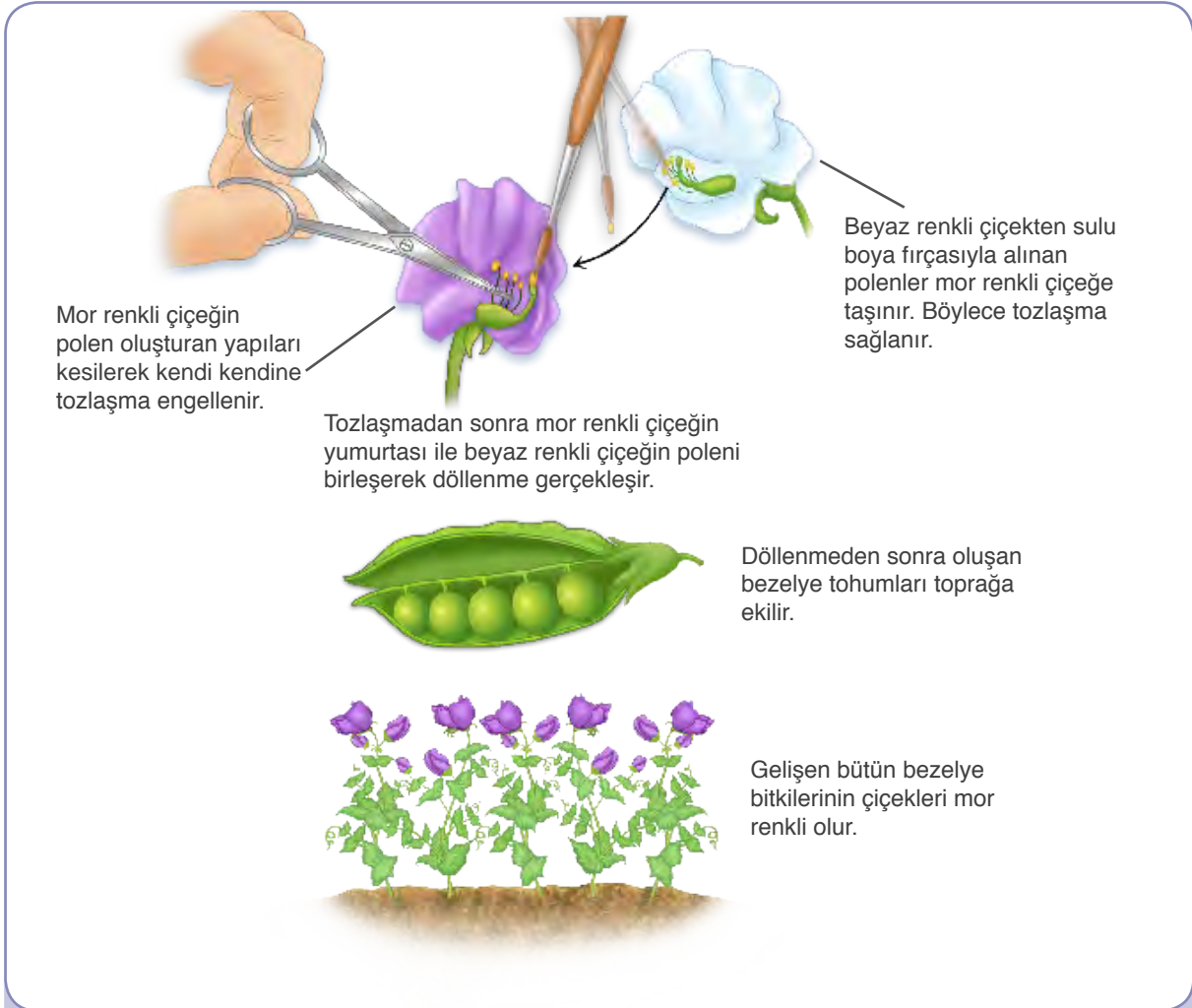
Baskın (Dominant): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösterebilen gen baskındır.

Çekinik (Resesif): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösteremeyen gen çekiniktir.

Gonozom: Bir canlının cinsiyetini belirlemede işlev gören kromozomlara, **eşey kromozomları** ya da **gonozomlar** denir.

Otozom: Eşey kromozomları dışındaki kromozomlar vücut karakterlerini belirleyen genleri taşır. Bu kromozomlara **vücut kromozomu** ya da **otozom** denir.















Rekombinasyon: DNA'da çeşitli nedenlerle yeni gen dizilimlerinin oluşması durumuna **rekombinasyon** denir.



Görsel 2.9. Mendel'in bezelyelerle yaptığı çaprazlama çalışması

Mendel kalıtımın temel ilkelerini bezelyelerde çok dikkatli bir şekilde planladığı çaprazlama deneyleri yaparak geliştirmiştir. Çaprazlama deneylerini bezelyelerde seçtiği bir karakterin farklı özellikleri arasında yapmıştır. Örneğin bezelyelerde çiçek rengi karakterini çalışırken beyaz çiçekli bezelyeler ile mor çiçekli bezelyeleri çaprazlamıştır. Bunun için önce mor renkli çiçeğin polen oluşturan yapılarını keserek kendi kendine tozlaşmayı engellemiştir. Daha sonra beyaz renkli çiçekten sulu boya fırçası ile aldığı polenleri mor renkli çiçeğin dişi organına sürerek tozlaşmayı sağlamıştır. Tozlaşma işleminden sonra mor renkli çiçeğin yumurtası ile beyaz renkli çiçeğin poleni birleşerek döllenme olayı gerçekleşmiştir. Mendel döllenme sonucu oluşan meyvelerden elde ettiği tohumları toprağa ekerek oluşan bezelye bitkilerindeki çiçek renklerini gözlemlemiştir. Gözlemleri sonucu elde ettiği hangi renk çiçekler çaprazlandığında hangi renkte yavrular oluştuğunu dair verileri matematiksel ifadelerle ortaya koymuştur.

Mendel bezelyelerle yaptığı çaprazlama çalışmaları sonucunda tohum şekli ve rengi, çiçek rengi ve durumu, meyve rengi ve şekli, bitki boyu gibi çok sayıda bezelye karakteri tespit etmiştir. Bu karakterlerden bazılarının baskın ve çekinik olma durumları tablodaki gibidir.

	Baskın	Çekinik
Çiçek rengi	Mor 	Beyaz 
Çiçek durumu	Yanda 	Uçta 
Tohum rengi	Sarı 	Yeşil 
Tohum şekli	Düz 	Buruşuk 
Meyve şekli	Yassı 	Kıvrık 
Meyve rengi	Yeşil 	Sarı 
Bitki boyu	Uzun 	Kısa 

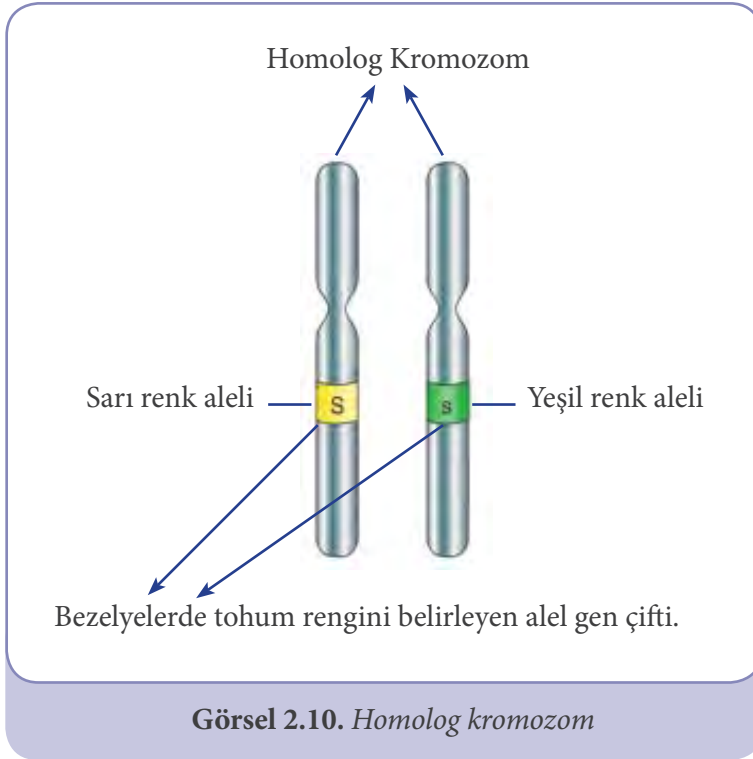
Mendel'in bezelyelerdeki bu karakterleri kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda elde ettiği verilere dayanarak kalıtım bilimiyle ilgili **Mendel İlkeleri** adı verilen bazı ilkeler belirlenmiştir.

Mendel İlkeleri

- Baskınlık İlkesi
- Benzerlik İlkesi
- Ayrılma İlkesi
- Bağımsız Açılım İlkesi

Mendel ata canlıdaki karakterin yavru canlıya geçmesini sağlayan yapıya **kalıtım faktörü** adını vermiştir. Kalıtım faktörü günümüzde **gen** olarak adlandırılır. Gen; kalıtsal bir karakterin oğul döllere aktarılmasını sağlayan kromozom bölümüdür.

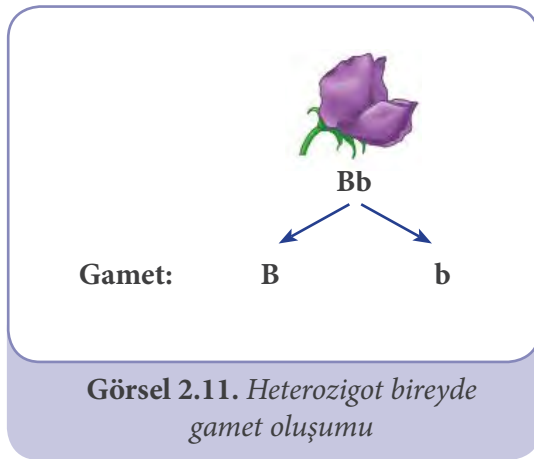
Canlıdaki bir karakterle ilgili gen çiftinin biri anneden diğeri babadan gelir. Bu gen çiftine **alel gen** denir.



Alel genler bir karaktere ait farklı özellikleri belirleyen genlerdir. Örneğin bezelyede tohum rengi karakterken, tohum renginin sarı ya da yeşil olması özelliktir. Tohum renginin sarı ya da yeşil olmasını belirleyen genler **alel genler**dir.

Alel genlerin fenotipe görülmeleri o alelin diğerine göre baskınlık veya çekiniklik durumuna göre belli olur. Baskın olan alel fenotipe kendini gösterirken çekinik olan alel ata canlıların her ikisinden gelirse fenotipe kendini gösterir. Buna **baskınlık ilkesi** denir. Örneğin bezelyede sarı tohum rengi yeşil tohum rengine baskındır. Ata canlıların sadece birinden bile

sarı tohum rengi aleli yavruya geçse yavru sarı tohumlu olur. Yavruların yeşil tohum rengine sahip olabilmesi için her iki ata bireyden de yeşil tohum rengi alelinin yavruya geçmesi gerekir.



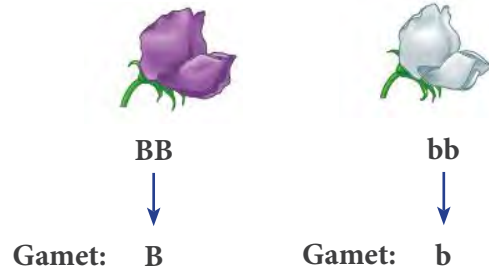
Bir gen bakımından iki farklı aleli olan canlılara bu gen bakımından **heterozigot** denir. Heterozigot bireyler farklı alellerden birini ya da diğerini taşıyan gametler üretir. Örneğin mor çiçekli olan bezelye heterozigot olduğunda "Bb" genotipinde olur. Bu bezelye "B" ve "b" aleline sahip olan gametleri üretir.

Tek karakter bakımından heterozigot olan bireylerin çaprazlanmasına **monohibrit çaprazlama** denir. Bezelyelerde çiçek rengi bakımından heterozigot olan iki bireyin çaprazlanması monohibrit çaprazlamaya örnektir.



Çaprazlama çalışmalarında ata birey "P" ile, meydana gelen gametler "G" ile, çaprazlama sonucu oluşan yavrular "F" ile gösterilir. Birinci nesil için "F₁" ikinci nesil için "F₂" şeklinde numaralandırmalar yapılır.

Mendel monohibrit çaprazlama yapmadan önce homozigot mor çiçekli bezelye ile homozigot beyaz çiçekli bezelyeyi çaprazlamıştır. Homozigot bireyler farklı alel taşımadıkları için **arı (saf) döl** dür. Yani homozigot mor çiçekli birey BB genotipine, homozigot beyaz çiçekli birey bb genotipine sahiptir.



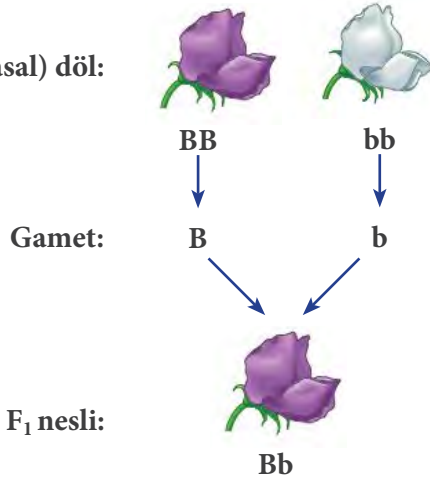
Görsel 2.12. Homozigot bireyde gamet oluşumu

Uygulama AaBb genotipli bireyin oluşturabileceği gametler nelerdir?

Çözüm AaBb genotipli bireyin oluşturabileceği gametler aşağıdaki gibidir.



Parentel (atasal) döl:
P

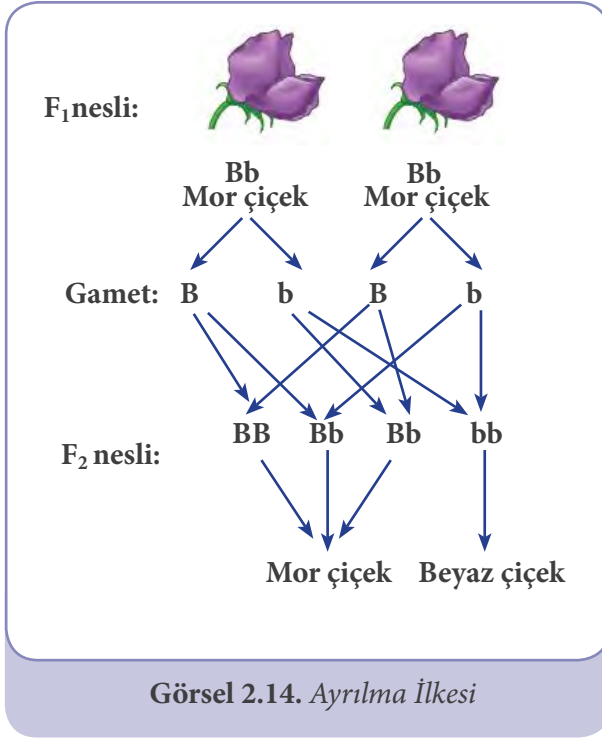


F₁ nesli:

Bb

Bezelyelerde mor çiçek rengi beyaz çiçek rengine baskındır. Mendel bu çaprazlama sonucunda çiçek rengi bakımından tamamı heterozigot (Bb) mor çiçekli bireylerden oluşan F₁ neslini elde etmiştir. Farklı fenotipe sahip iki saf dölün çaprazlanmasıyla oluşan F₁ neslindeki bireylerin tamamının fenotipinin ve genotipinin aynı olması **benzerlik ilkesi** olarak adlandırılır.

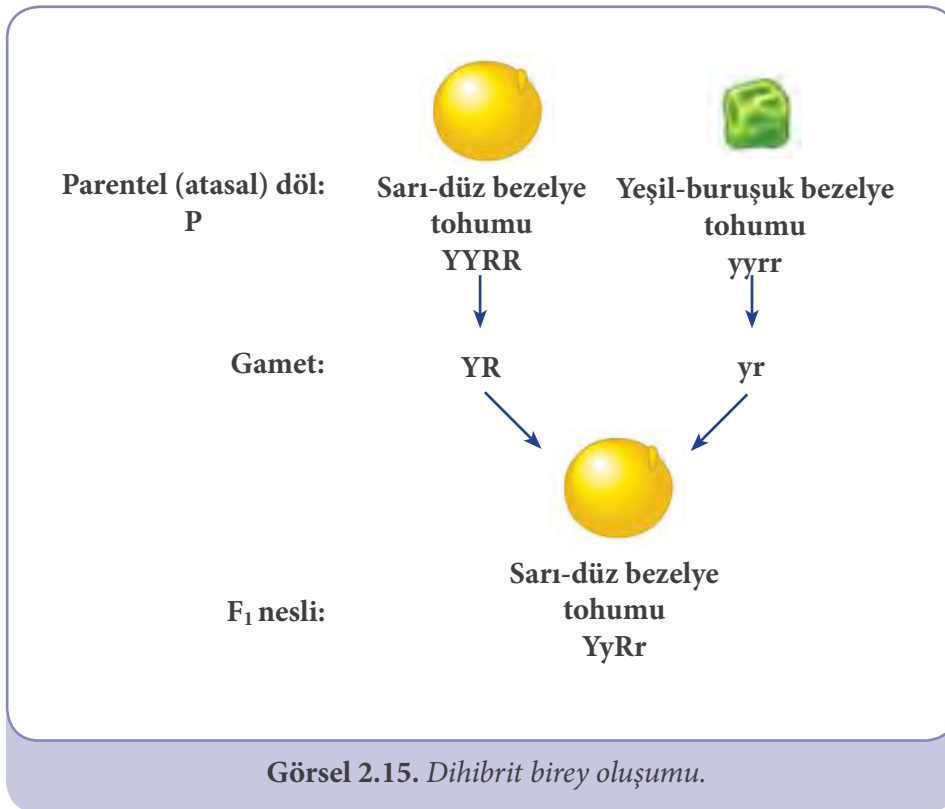
Görsel 2.13. Benzerlik İlkesi



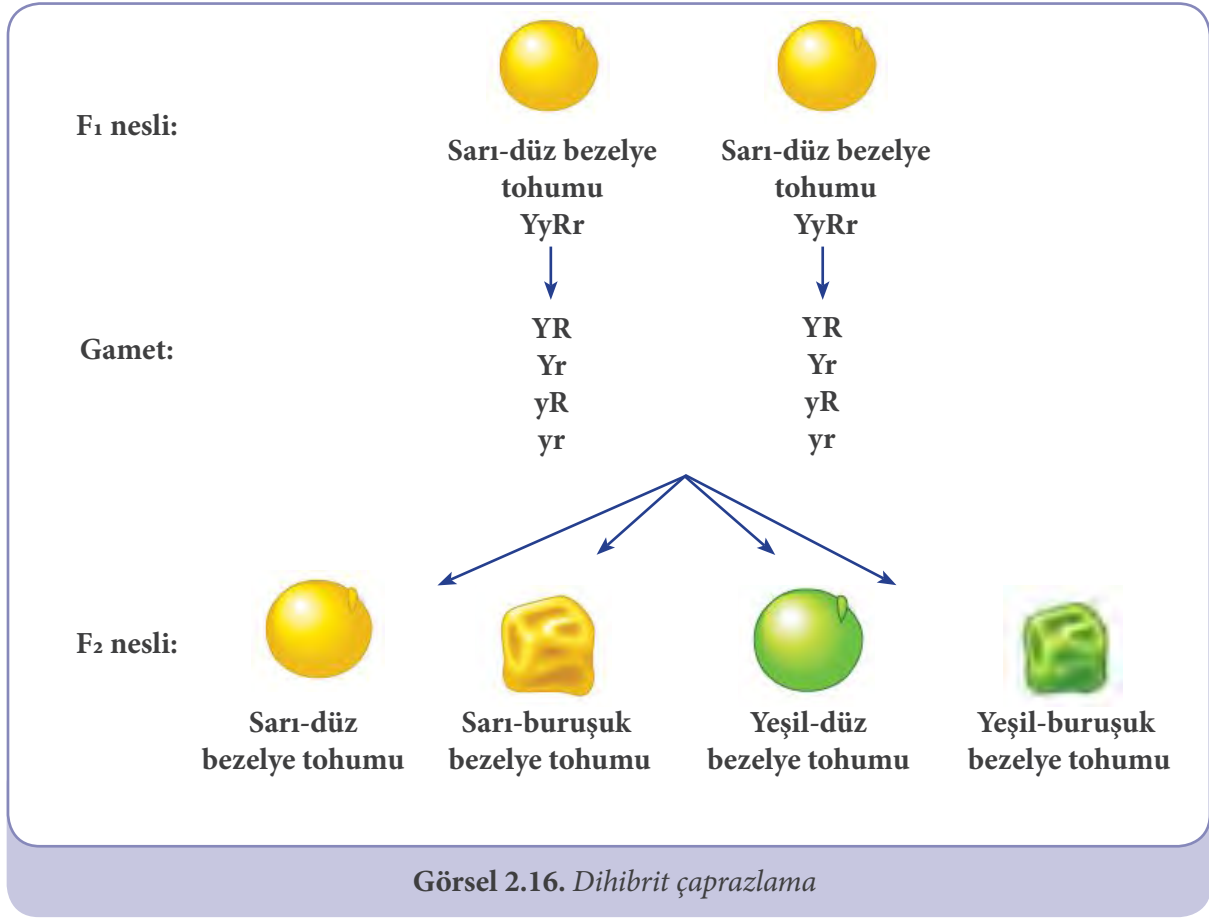
F₁ neslinin kendi içinde çaprazlanması monohibrit çaprazlamadır. Bu çaprazlama sonucu mor ve beyaz çiçekli F₂ nesli oluşur. F₂ neslinde beyaz renkli çiçeğin görülmesi F₁ neslinde oluşan gametlerdeki beyaz ve mor rengi taşıyan alellerin birbirinden ayrılarak taşınması sonucu gerçekleşir yani karakterleri oluşturan aleller gamet oluşumu sırasında eşit olasılıkla birbirinden ayrılır. Bu durum **ayrılma ilkesi** olarak adlandırılır.

İki karakter bakımından heterozigot olan bireylerin çaprazlanmasına **dihibrit çaprazlama** denir. Örneğin bezelyelerde tohum rengi ve tohum şekli bakımından heterozigot olan bireylerin çaprazlanması dihibrit çaprazlamadır. Sarı tohum rengi (Y) yeşil tohum rengine (y), düz tohum şekli (R) buruşuk tohum şekline (r) baskındır.

Homozigot sarı ve homozigot düz tohumlu (YYRR) birey ile yeşil ve buruşuk tohumlu (yyrr) birey arasında yapılan çaprazlama sonucunda heterozigot genotipli sarı ve düz tohumlu (YyRr) F₁ nesli elde edilir.



















F₁ nesli kendi içinde çaprazlandığında sarı ve düz tohumlu, sarı ve buruşuk tohumlu, yeşil ve düz tohumlu, yeşil ve buruşuk tohumlu bireylerden oluşan F₂ nesli elde edilir.







Çaprazlama sonucunda hem sarı ve düz tohumlu bitkinin hem de sarı ve buruşuk tohumlu bitkinin oluşması tohum rengi ve tohum şekli karakterinin birbirinden bağımsız dağıldığını gösterir. Bir başka ifadeyle bezelye tohumunun sarı veya yeşil olma olasılığı ile düz veya buruşuk olma olasılığı birbirini etkilemez. Bu durum **bağımsız açılım ilkesi** olarak adlandırılır.

F₂ neslinde hangi genetik kombinasyonların ortaya çıkabileceğini görmenin kolay bir yolu **Punnett Karesi** yöntemidir. Genetikçi R.C.Punnett (R.C. Punet) tarafından ortaya konan bu yöntemde yatay düzleme erkek bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller, dikey düzleme dişi bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller yazılır. Erkek ve dişi gametlerin kesiştiği kutucuklara iki alel bir araya getirilerek yazılır. Böylece çaprazlama sonucu oluşabilecek tüm genotipler ortaya çıkarılır. Bu genotiplere göre yavruların fenotipleri saptanır. Bu sayede yavruların hem fenotip hem de genotip oranları belirlenir.

Bezelyelerde tohum rengi ve tohum şekli bakımından heterozigot olan bireylerin çaprazlanmasının Punnett Karesi yöntemi ile yapılması şekildeki gibidir.

		Erkek gametler			
		YR	Yr	yR	yr
Dişi gametler	YR	 YYRR	 YYRr	 YyRR	 YyRr
	Yr	 YYRr	 YYrr	 YyRr	 Yyrr
	yR	 YyRR	 YyRr	 yyRR	 yyRr
	yr	 YyRr	 Yyrr	 yyRr	 yyrr

Punnett Karesi incelendiğinde dihibrit çaprazlama sonucu oluşan F₂ neslinin genotip ve fenotip oranları tablodaki gibidir.

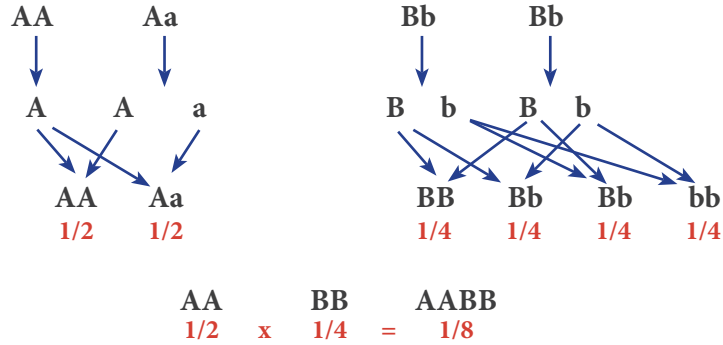
F ₂ nesli genotipleri	F ₂ nesli genotip oranları	F ₂ nesli fenotipleri	F ₂ nesli fenotip oranları
YYRR	1/16	 Sarı düz	9/16
YYRr	2/16		
YyRR	2/16		
YyRr	4/16		
YYrr	1/16	 Sarı buruşuk	3/16
Yyrr	2/16		
yyRR	1/16	 Yeşil düz	3/16
yyRr	2/16		
yyrr	1/16	 Yeşil buruşuk	1/16

Punnett Karesi yöntemi ile monohibrit ve dihibrit çaprazlama sonucu oluşan bireylerin genotip ve fenotipleri ile bunların oranları kolaylıkla tespit edilebilir.

Mendel çalışmalarını bezelyeler ile yapmıştır. Bezelyelerin kolay yetiştirilmesi, kısa sürede çok döl vermesi, kolay ayırt edilebilen çok çeşitli genetik özelliklere sahip olması, her bir karakterinin iki zıt çeşidinin olması Mendel'e çalışmalarında avantaj sağlamıştır.

Uygulama AABb genotipli bir bireyle, AaBb genotipli başka bir bireyin çaprazlanmasıyla, AABB genotipli bireylerin oluşma olasılığı nedir?

Çözüm Şansa bağlı iki bağımsız olayın aynı anda birlikte olma olasılığı, bunların ayrı ayrı olma olasılıklarının çarpımına eşit olduğu için AA ve Aa kendi arasında, Bb ve Bb kendi arasında çaprazlanır. Bu çaprazlama sonucunda elde edilen AA genotipli birey oluşma olasılığı ile BB genotipli birey oluşma olasılığı çarpılır. Böylece AABB genotipli birey oluşma olasılığı bulunur.



Uygulama Sarı renkli heterozigot bezelye ile yeşil renkli bezelyenin çaprazlanmasından yeşil renkli bezelye olma oranı nedir? (Bezelyelerde sarı renk (Y) yeşil renge (y) baskındır.)

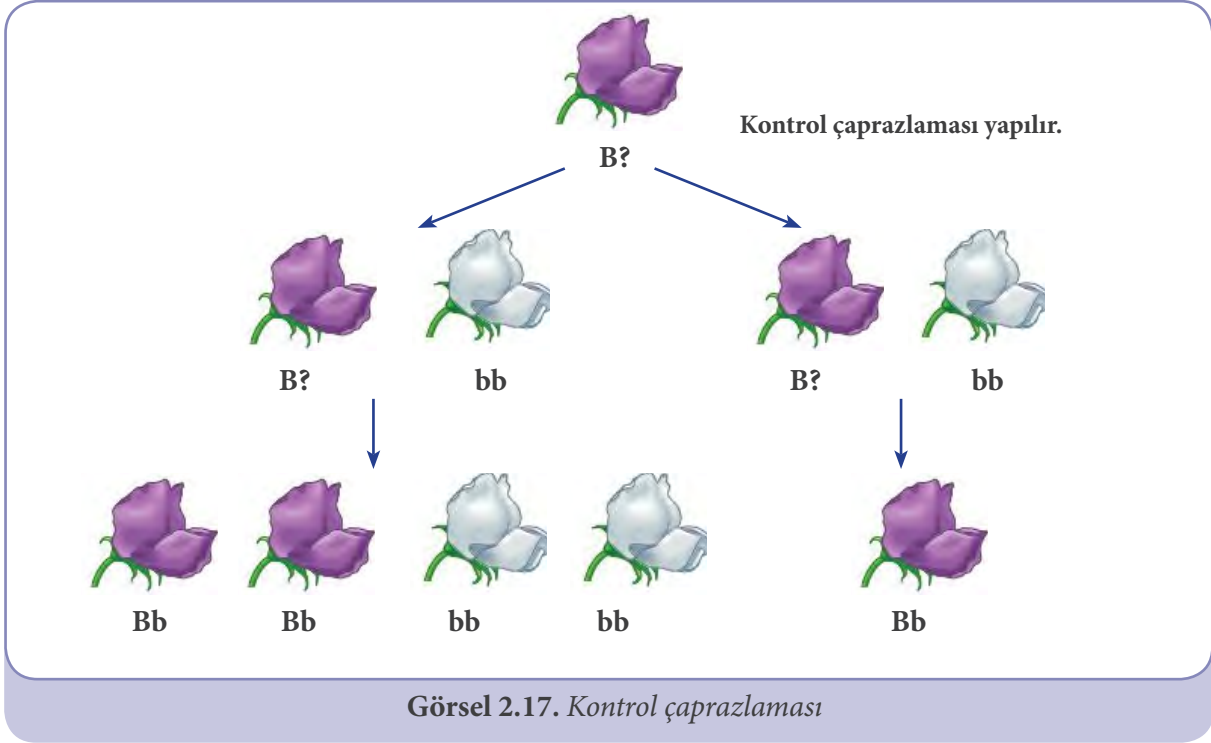
Çözüm Sarı renkli heterozigot bezelyenin genotipi Yy'dir. Yeşil renkli bezelyenin genotipi yy'dir. Bu bezelyelerin çaprazlanması şekildeki gibidir.



Şekil incelendiğinde yeşil renkli (yy) bezelye olma oranının 1/2 olduğu görülür.

Kontrol Çaprazlaması

Çekinik fenotipli bireyin genotipi bellidir yani bb 'dir çünkü çekinik karakterin fenotipte kendini gösterebilmesi için hem anneden hem babadan çekinik alelin (b) gelmesi gerekir. Baskın fenotipli bireyin genotipini söylemek zordur çünkü homozigot (BB) da olabilir heterozigot (Bb) da olabilir. Bunun cevabı **kontrol çaprazlamasıyla** bulunur.



Görsel 2.17. Kontrol çaprazlaması

Kontrol çaprazlamasında genotipi bilinmeyen baskın ($B-$) fenotipli bireyle, çekinik (bb) fenotipli birey çaprazlanır. Oluşan yavrular arasında çekinik fenotipli birey varsa kontrol çaprazlaması yapılan birey kesinlikle heterozigottur (Bb). Oluşan bireylerin tamamı baskın fenotipli ise kontrol çaprazlaması yapılan birey homozigot baskındır (BB) sonucuna varılır.

Kontrol çaprazlaması ile bitki ve hayvan ıslah çalışmalarında seçilen canlının genotipinin belirlenmesi sağlanır. Böylece verim açısından istenilen genotipte olan türler tarım ve hayvancılıkta kullanılır.

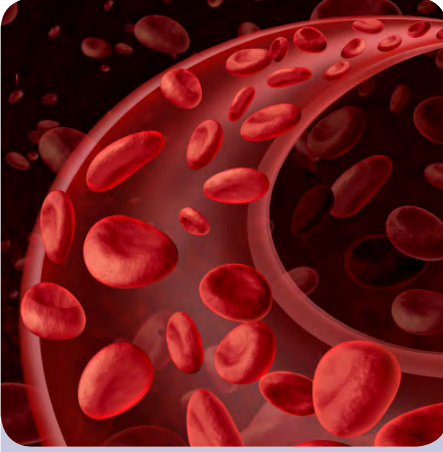
Mendel Yasaları genetiğin basit temellerini açıklamak için yeterlidir ancak Mendel Yasaları tarafından açıklanamayan **eş baskınlık** ve **çok allellik** gibi durumlar da vardır.

Eş Baskınlık

Eş baskınlıkta alel genlerin fenotipteki etkileri birbirine eşittir yani alel genlerden biri diğerine baskın olmadığı için fenotipte ikisinin de etkisi eşit derecede ortaya çıkar.

Örneğin insanlarda kan grubu ile ilgili M ve N alelleri vardır. Bu aleller eş baskındır. M kan grubuna sahip bireylerin genotipi MM , N kan grubuna sahip bireylerin genotipi NN 'dir. Eğer bireyde M ve N alelinin ikisi birden varsa MN kan grubundandır. Bu aleller birbirine eş baskın olduğu için fenotipte ikisinin etkisi eşit derecede ortaya çıkar.

Fenotip (Kan Grubu)	Genotip
M	$L^M L^M$
N	$L^N L^N$
MN	$L^M L^N$



Görsel 2.18. İnsanlarda A-B-O kan grubunda hem eş baskınlık hem çok alellik görülür.

Benzer bir durum insanlardaki A-B-O kan grubu sisteminde de görülür. Bu alellerden A ve B eş baskın, O ise çekiniktir. A ve B alelleri bireyde aynı anda bulunduğu AB kan grubu ortaya çıkar. A-B-O kan grubu sistemi aynı zamanda çok alelliliğe de örnektir.

Çok Alellilik

Mendel çalışmalarına dayanarak tüm kalıtsal karakterlerin iki alel gen tarafından kontrol edildiğini düşünüyordu ancak Mendel'den sonra yapılan çalışmalarda bazı karakterlerin ikiden fazla alel gen tarafından da kontrol edildiği görüldü. Bir karakteri oluşturan alel çeşidinin ikiden fazla olmasına **çok alellilik** denir. İnsanlarda kan gruplarının kalıtımını sağlayan aleller çok alelliliğe örnektir. Bu aleller A, B ve O 'dır. Bu

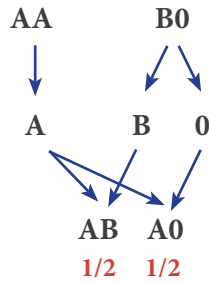
alellerden A ve B baskın, O ise çekiniktir. A ve B alelleri birlikte bulunursa eş baskınlık olur. Bu alellerin bireyde bulunma durumları A, B, O ve AB fenotipinde kan gruplarını oluşturur.

Fenotip	Genotip	
	Homozigot	Heterozigot
A	AA	A0
B	BB	B0
AB	-	AB
0	00	-

Tabloda da görüldüğü gibi bir karakterin kaç çeşit aleli olursa olsun alellerden sadece iki tanesi canlı genotipinde bulunur.

Uygulama Homozigot A kan gruplu bir anne ile heterozigot B kan gruplu bir babanın doğacak çocuklarının AB kan gruplu olma oranı nedir?

Çözüm Anne homozigot A kan grubunda olduğu için genotipi AA'dır. Baba heterozigot B kan grubunda olduğu için genotipi B0'dır. Bu anne ve babanın doğacak çocuklarının kan grupları şekildeki gibi olabilir.

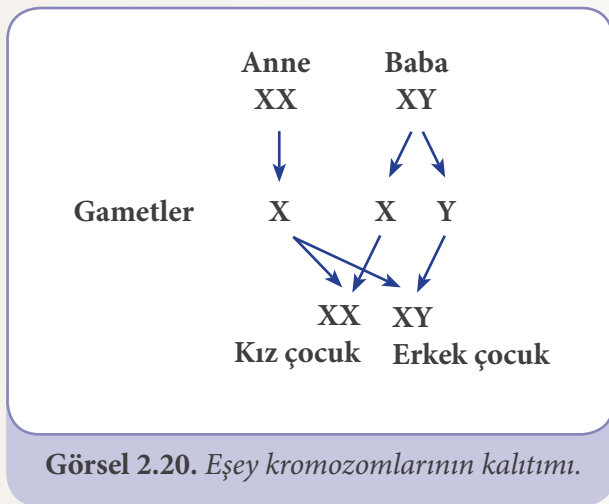


Şekil incelendiğinde bu çiftin AB kan grubunda çocuklarının olma ihtimalinin 1/2 olduğu görülür.

Eşeye Bağlı Kalıtım

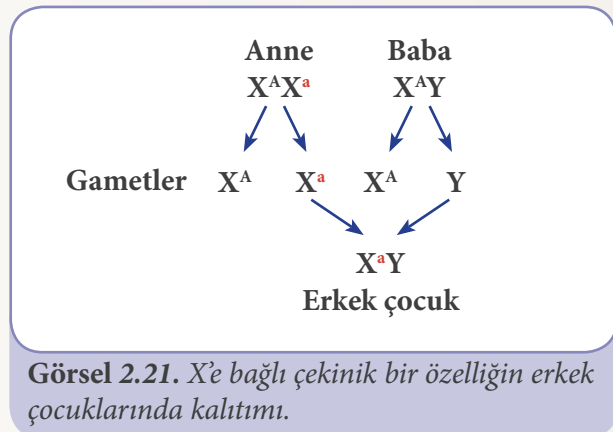


Canlının cinsiyetini belirlemede görev alan kromozomlara **eşey kromozomları** denir. İnsanda eşey kromozomları X ve Y olmak üzere iki çeşittir. Dişi bireylerde XX, erkek bireylerde XY şeklinde bulunur. Eşey kromozomları canlının cinsiyetini belirlediği gibi canlının bazı vücut karakterleriyle ilgili genleri de taşır. Bu karakterlerin eşey kromozomları ile sonraki nesillere aktarılmasına **eşeye bağlı kalıtım** denir. Eşeye bağlı kalıtımda bu karakterler X kromozomu ile ya da Y kromozomu ile aktarılır.

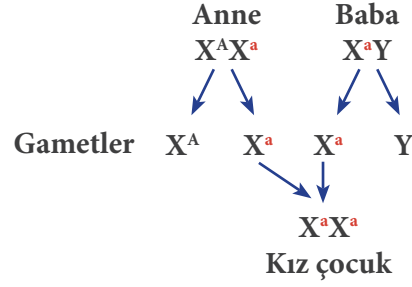


Kız (XX) çocuklarında iki tane X kromozomu vardır. Bunlardan biri anneden biri babadan gelir. Bu yüzden kız çocuklarında X kromozomu ile kalıtılan özellikler hem anneden hem babadan geçer. Erkek (XY) çocuklarında ise bir tane X kromozomu vardır ve o da anneden gelir. Bu yüzden erkek çocuklarında X kromozomu ile kalıtılan özellikler sadece anneden geçer.

X'e bağlı çekinik bir özelliğin erkek çocuklarında ortaya çıkabilmesi için annesinden aldığı X kromozomunda bu özelliğin çekinik alelinin bulunması yeterlidir.



X'e bağılı çekinik bir özelliğin kız çocuklarında ortaya çıkabilmesi için hem anneden gelen X kromozomunda, hem babadan gelen X kromozomunda bu çekinik alelin olması gerekir.



Görsel 2.22. X'e bağılı çekinik bir özelliğin kız çocuklarında kalıtımı.

Erkek çocuklarında bir tane X kromozomu olduğu için X'e bağılı çekinik bir özelliğin erkek çocuklarında ortaya çıkma ihtimali kız çocuklarında ortaya çıkma ihtimalinden daha yüksektir.

Hemofili ve **kısmi renk körlüğü** gibi genetik durumlar X kromozomu ile taşınan çekinik özelliklerin kalıtımına örnektir.

Hemofili (kanın pıhtılaşmaması)

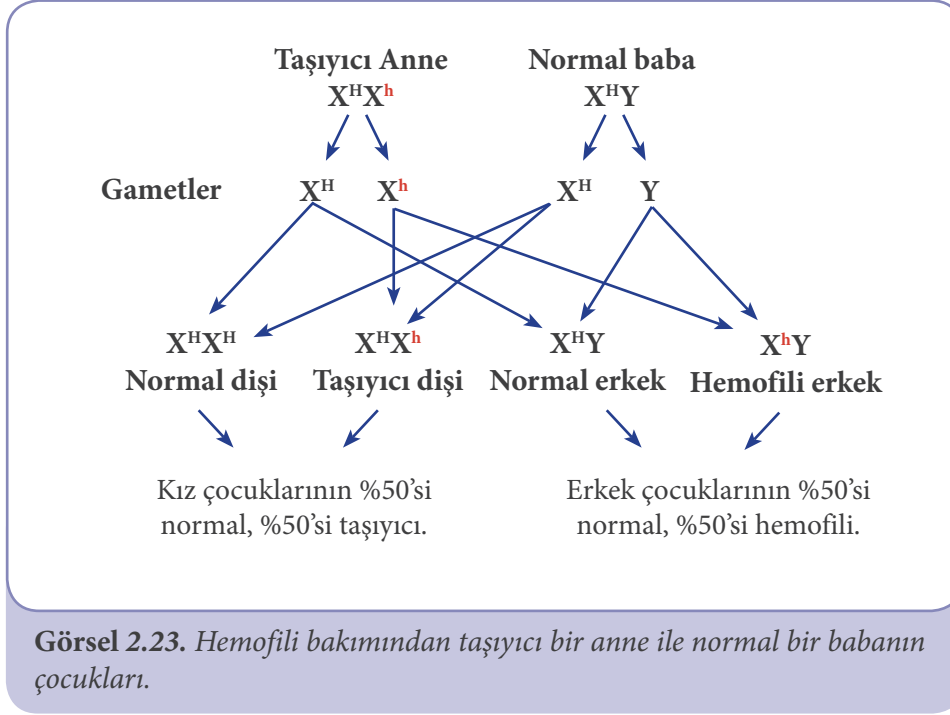
Hemofili; kanın pıhtılaşması için gerekli olan ve pıhtılaşma faktörü adı verilen bir proteinin eksikliğinden dolayı kanın pıhtılaşmadığı genetik bir bozukluktur. Hemofili olan kişilerde eklem içinde ya da bazı iç organlarda kanamalar oluşur. Yaralanmaya bağlı kanamalarda ise kanın pıhtılaşması ya hiç olmaz ya da oldukça yavaş olur. Bu da hayati tehlikeye neden olabilir. Bunu önlemek için bu kişilere pıhtılaşma faktörü enjekte edilerek kanın pıhtılaşması ve kanamaların kontrol altına alınması sağlanır.

Dişi ve erkeklerde hemofilin genotip ve fenotipleri tablodaki gibidir.

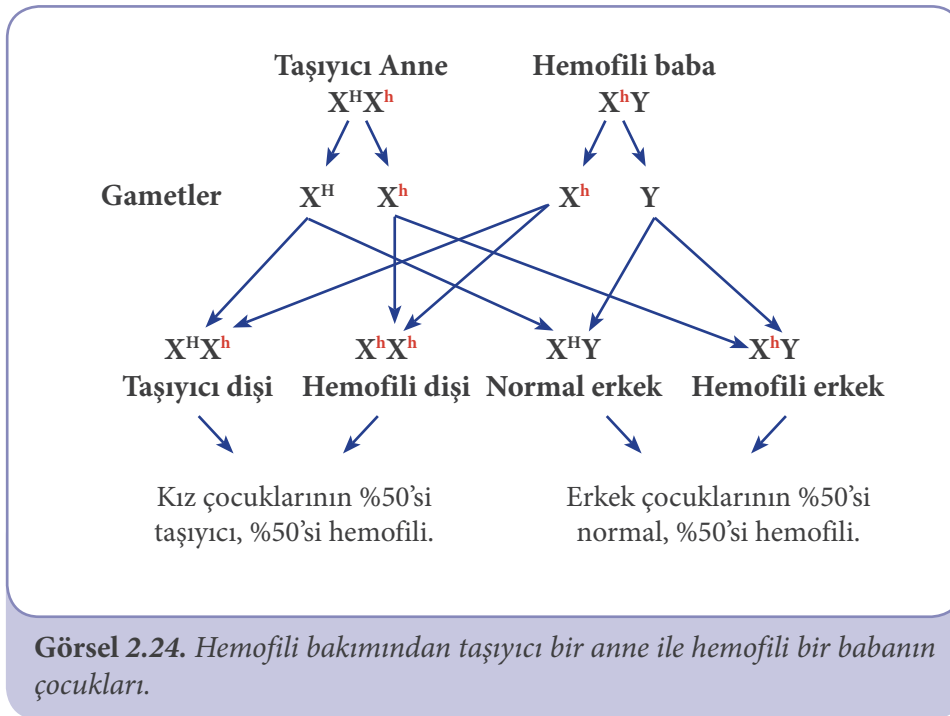
Eşey	Genotip	Fenotip
Dişi	X ^H X ^H	Normal
	X ^H X ^h	Taşıyıcı
	X ^h X ^h	Hemofili
Erkek	X ^H Y	Normal
	X ^h Y	Hemofili

Tablo incelendiğinde dişilerde hemofilin ortaya çıkması için X kromozomlarının ikisinde de çekinik hemofili geninin olduğu görülür. Eğer X kromozomlarının sadece birinde hemofili geni varsa dişi birey taşıyıcı olur. Erkeklerde ise bir tane X kromozomu olduğu için taşıyıcılık yoktur. Erkek birey hemofilidir ya da normaldir.

Hemofili bakımından taşıyıcı bir anne ile normal bir babanın erkek çocuklarının %50'si normal, %50'si hemofilidir. Kız çocuklarının ise %50'si normal, %50'si taşıyıcıdır.



Hemofili bakımından taşıyıcı bir anne ile hemofili bir babanın erkek çocuklarının %50'si normal, %50'si hemofilidir. Kız çocuklarının ise %50'si taşıyıcı, %50'si hemofilidir.



Kısmi Renk Körlüğü

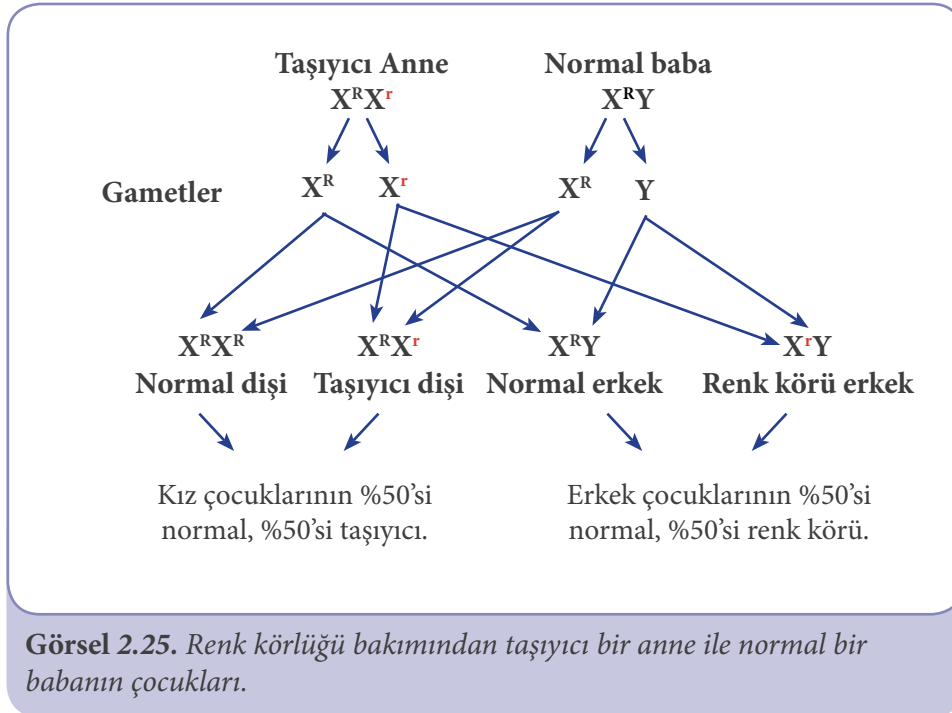
Kısmi renk körlüğü de hemofili de olduğu gibi X kromozomu üzerindeki çekinik bir genle kalıtılan genetik bir bozukluktur. Bu bireyler kırmızı ve yeşil rengi ayırt edemezler. Kalıtsal bir bozukluk olduğu için tedavisi yoktur ancak özel bazı lens ve gözlüklerle kişinin bu renkleri belli oranlarda görmesi sağlanabilmektedir.

Normal görme aleli X^R ile, kısmi renk körlüğü aleli ise X^r ile gösterilir. Dişi ve erkeklerde renk körlüğünün genotip ve fenotipleri tablodaki gibidir.

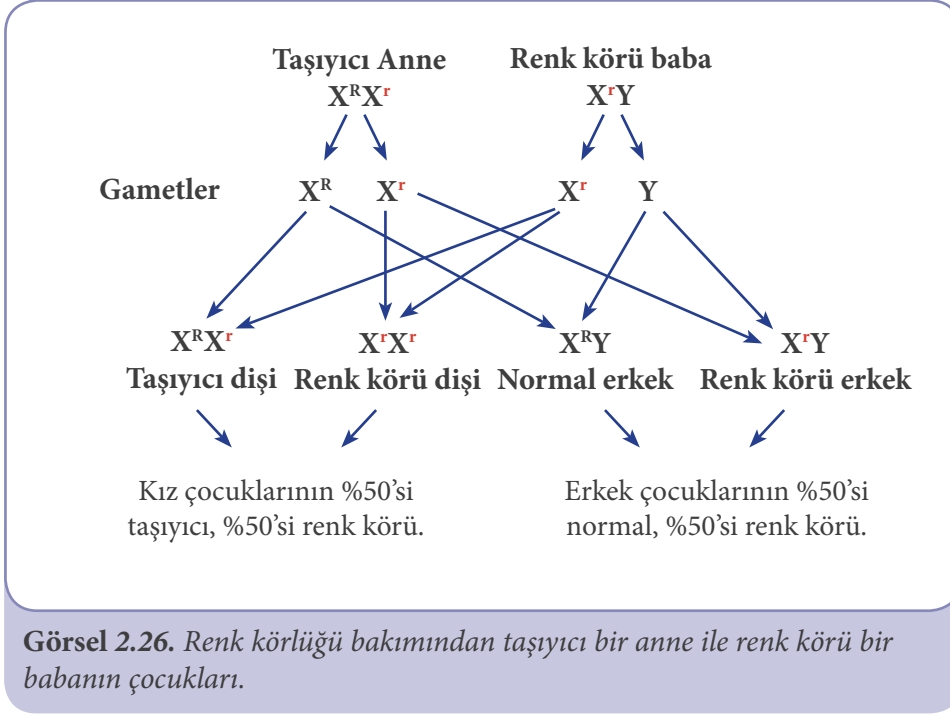
Eşey	Genotip	Fenotip
Dişi	$X^R X^R$	Normal
	$X^R X^r$	Taşıyıcı
	$X^r X^r$	Renk körü
Erkek	$X^R Y$	Normal
	$X^r Y$	Renk körü

Tablo incelendiğinde dişilerde kısmi renk körlüğünün ortaya çıkması için X kromozomlarının ikisinde de çekinik renk körlüğü alelinin olduğu görülür. Eğer X kromozomlarının sadece birinde renk körlüğü aleli varsa dişi birey taşıyıcı olur. Erkeklerde ise bir tane X kromozomu olduğu için taşıyıcılık yoktur. Erkek birey ya renk körudür ya da normaldir.

Renk körlüğü bakımından taşıyıcı bir anne ile normal bir babanın erkek çocuklarının %50'si normal, %50'si renk körudür. Kız çocuklarının ise %50'si normal, %50'si taşıyıcıdır.

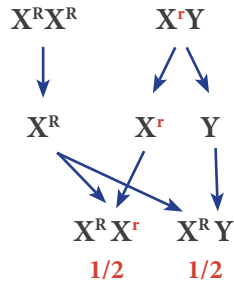


Renk körlüğü bakımından taşıyıcı bir anne ile renk körü bir babanın erkek çocuklarının %50'si normal, %50'si renk köründür. Kız çocuklarının ise %50'si taşıyıcı, %50'si renk köründür.

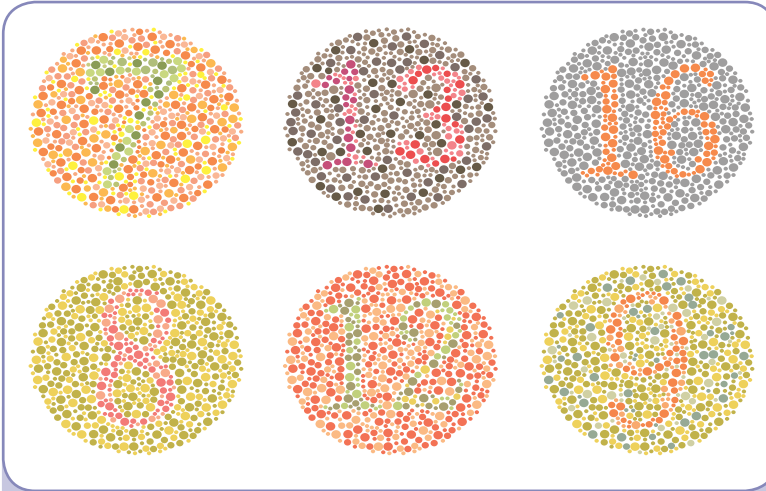


Uygulama Renk körlüğü yönünden sağlam bir anne ile renk körü bir babanın kız çocuklarının renk körü olma olasılığı nedir? (İnsanlarda renk körlüğü geni X kromozomu üzerinde taşınır çekinik özellik gösterir.)

Çözüm Renk körlüğü yönünden sağlam bir anne $X^R X^R$ genotipindeyken, renk körü baba $X^r Y$ genotipindedir. Bu çiftin renk körü kız çocuklarının olma durumu şekildeki gibidir:



Şekil incelendiğinde bu çiftin renk körü kız çocuklarının olma ihtimalinin $1/2$ olduğu görülür.



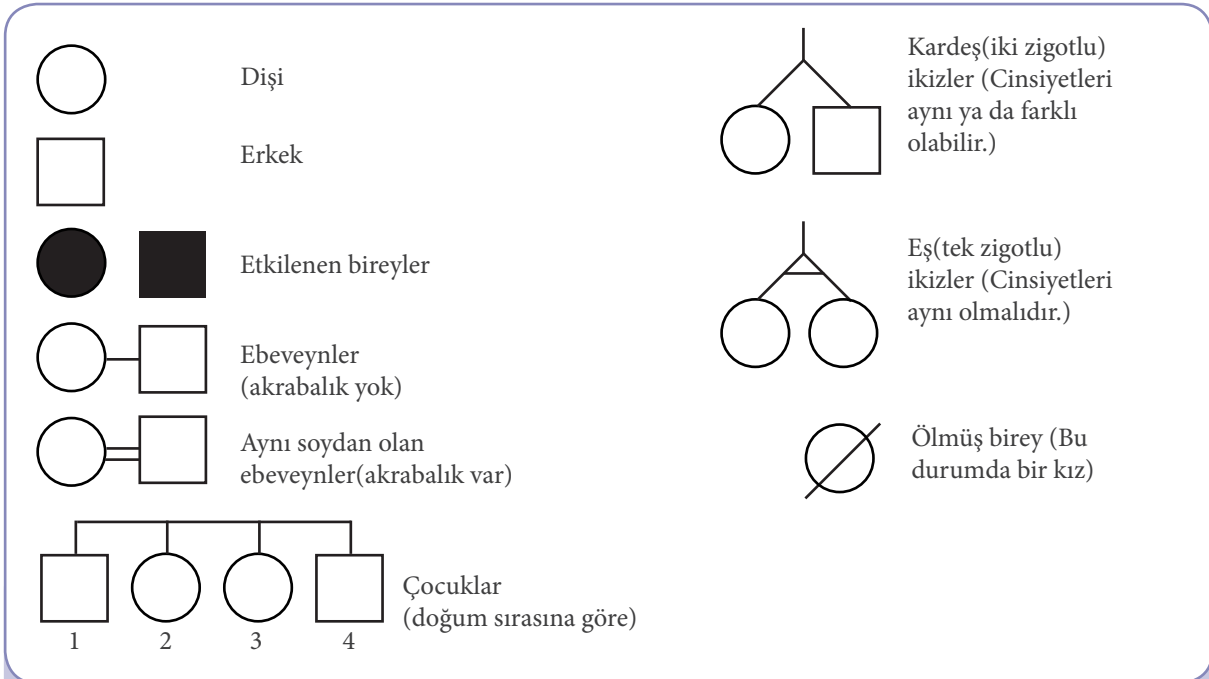
Görsel 2.27. Renk körlüğü testinde kullanılan görseller .

Renk körlüğünü tespit etmek için tablodakine benzer görseller kullanılır. Kişi renk körüyse görsellerde yazılan rakamları göremez. Eğer kişide renk körlüğü yoksa rakamları rahatlıkla görür.

Eşeye bağlı kalıtım Y kromozomunda da görülmektedir. İnsanlarda kulak kılılığı, Y kromozomu üzerindeki genlerle kalıtılır Y kromozomu erkek cinsiyetini belirleyen kromozom olduğu için Y kromozomu ile aktarılan özellikler sadece erkek bireylerde ortaya çıkar.

Soyağacı

Kalıtıl bir özelliğin nesilden nesile aktarılmasını gösteren şemaya **Soyağacı** denir. Soyağacı ile bireylerin belli bir genetik özellik bakımından homozigot mu yoksa heterozigot mu olduğu tespit edilebilir ya da bu genetik özelliğin bireylerde ortaya çıkma olasılığı hesaplanabilir. Soyağacı hazırlanırken genetik çalışmalarda evrensel olan simgeler kullanılır. Bu simgelerden bazıları ve anlamları aşağıdaki gibidir:

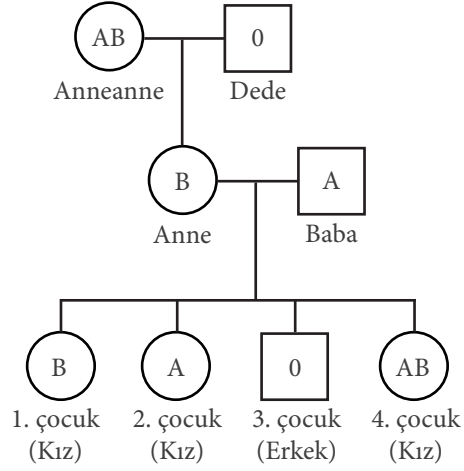


Görsel 2.28. Soyağacı hazırlanırken kullanılan evrensel simgeler

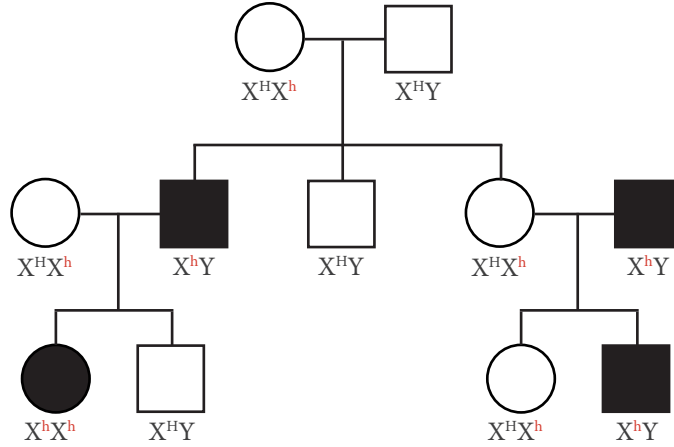
Soy ağaçlarında kare erkek bireyi, daire dişi bireyi ifade eder. Dişi ve erkek birey arasında çizilmiş yatay çizgiler evlilik bağına gösterir. Ayrıca doğan çocuklar soldan sağa doğru doğma sıralarına göre dizilir. Koyu renk ile gösterilen bireyler izlenmekte olan özelliği taşır.

Kan grupları tablodaki gibi olan bir ailenin soyağacı şu şekildedir:

Aile Bireyleri	Kan Grubu
Anneanne	AB
Dede	0
Anne	B
Baba	A
1.Çocuk (kız)	B
2.Çocuk (kız)	A
3.Çocuk (erkek)	0
4.Çocuk (kız)	AB

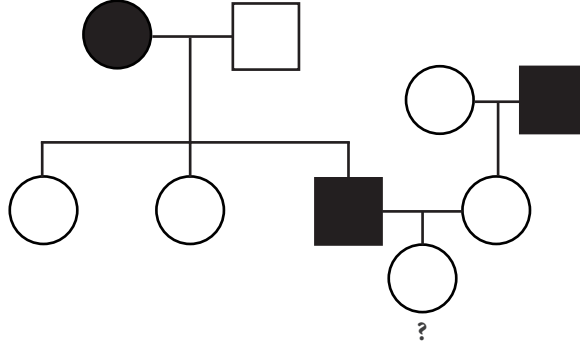


Örneğin bir ailedeki hemofili geninin kalıtımı soy ağacında şu şekilde gösterilmektedir:

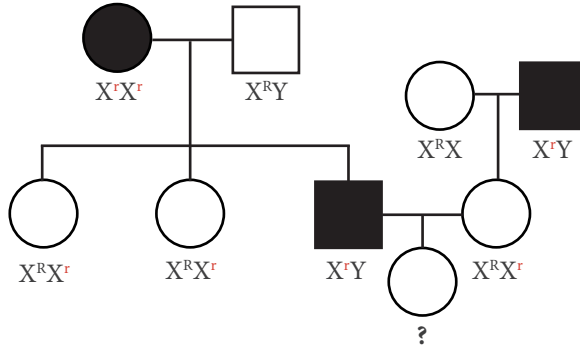


Bu soy ağacında koyu renkli bireyler hemofilidir.

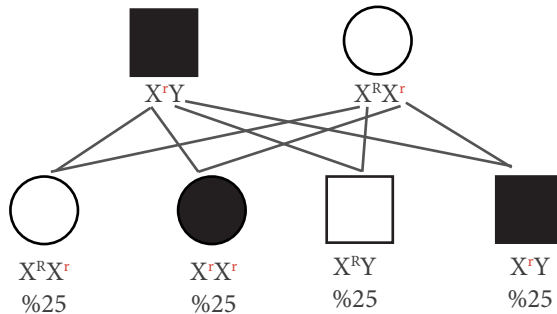
Uygulama Renk körlüğü X kromozomu üzerindeki çekinik bir genle kalıtılan genetik bir bozukluktur. Soy ağacında koyu renkle gösterilen bireyler renk köründür. Bu ailede soru işareti ile gösterilen bireyin renk körü kız olma olasılığı nedir?



Çözüm Soyağacında yuvarlak simge ile gösterilenler dişi, kare simgesi ile gösterilenler erkek bireydir. Buna göre soyağacındaki tüm dişi bireyler XX, tüm erkek bireyler XY olarak yazılır. Koyu renkle gösterilenler renk körü olduğuna göre soyağacında renk körü dişi bireyler $X^r X^r$ ile, renk körü erkek bireyler $X^r Y$ ile gösterilir. Bu bilgiler soyağacına yerleştirildiğinde soyağacı şekildeki gibi olur:



Soyağacı sayesinde soru işareti ile gösterilen bireyin anne ve babasının renk körlüğü açısından genotipine ulaşılır. Soru işareti ile gösterilen bireyin babası renk körlüğü açısından $X^r Y$ genotipinde, annesi ise $X^R X^r$ genotipindedir. Anne ve babanın renk körlüğü açısından genotiplerinin çaprazlanması aşağıdaki gibidir. Bu çaprazlamaya göre soru işareti ile gösterilen bireyin renk körü kız olma ($X^r X^r$) olasılığı $1/4$ yani %25'dir.



Akraba Evliliği ve Sakıncaları

Akraba evliliği aralarında kan bağı bulunan bireylerin evlenmesidir. Aralarında kan bağı olan bireylerde genetik benzerlik akraba olmayanlara göre daha fazladır. Bu yüzden özellikle çekinik alellerle aktarılan kalıtsal bir özelliğin, bozukluğun ya da hastalığın yavrularda ortaya çıkma ihtimali daha yüksektir. Akraba olmayanların evliliklerinde ise bu çekinik özelliğin ortaya çıkma ihtimali düşüktür çünkü çekinik aleli hem annenin hem babanın taşıması ve yavru bireye aktarması gerekir.

Akraba evliliği sonucu ortaya çıkan kalıtsal hastalıklar genelde metabolizma hastalıklarıdır. Akdeniz bölgesinde yaygın olarak görülen, Akdeniz anemisi olarak bilinen **Talasemi** hastalığı en yaygın olanıdır.

1.1.1.2. Genetik Varyasyonların Biyolojik Çeşitliliğe Etkisi

Arkadaşınızla kalabalık bir yerde buluştuğunuzda onu fark etmekte sıkıntı çekmezsiniz. Onlarca insanın arasından onu tanırsınız ve yanına gidersiniz çünkü sizin için onu diğer insanlardan ayıran yüz tipi, saç rengi, boy uzunluğu, vücut tipi gibi çok sayıda özelliği vardır. Bu özellikler insanlarda görülen genetik varyasyonlara örnektir. Varyasyon çeşitliliği demektir. Genetik varyasyon ise genlerdeki çeşitliliğdir. Bir türün gen havuzundaki genetik çeşitlilik arttıkça o türde farklı özelliklere sahip bireyler oluşur. Bu da biyolojik çeşitliliğin artmasını sağlar.

Örneğin kedilerin gen havuzunda yüz tipiyle ilgili farklı gen çeşitlerinin olması farklı yüz tiplerinde kedilerin oluşmasını sağlar. Resimdeki kedileri incelediğimizde yüz tipi bakımından biri diğerine benzemez.

Canlıların genotiplerindeki farklılıklar biyolojik çeşitliliğin oluşmasında etkilidir çünkü genotipteki farklılıklar genetik çeşitliliği (varyasyon) oluşturur. Genetik çeşitlilik arttıkça biyolojik çeşitlilik artarken, genetik çeşitlilik azaldıkça benzer özelliklere sahip bireyler arttığı için biyolojik çeşitlilik azalır.



Görsel 2.29. Kedilerdeki yüz tipiyle ilgili genetik varyasyon

Genetik varyasyonlara neden olan bazı olaylar **mutasyon**, **kromozomların bağımsız dağılımı** ve **krossing over**'dir.

Mutasyon

Organizmadaki gen dizilimlerinde meydana gelen değişimlere **mutasyon** denir. Mutasyonlar kalıtsal değişikliklere, kalıtsal değişiklikler de genetik varyasyonlara neden olur. Vücut hücrelerinde meydana gelen mutasyonlar sadece bireyi etkiler. Eşey hücrelerinde meydana gelen mutasyonlar ise sonraki nesillere aktarılır. Mutasyonların çoğu öldürücüdür, çok az bir kısmı canlının çevreye uyumunu (adaptasyon) sağlayarak yaşama şansını artırır. Yaşama şansını artıran bu mutasyonlar sonucunda türün gen havuzunda farklı genler oluşur. Böylece o türün genetik çeşitliliği (varyasyon) artar.

Krossing Over

Krossing over; mayoz sırasında homolog kromozomlar arasında meydana gelen parça değişimi olayıdır. Homolog kromozomların kardeş olmayan kolları arasında meydana gelen parça değişimi olayı ile gen aktarımı olur. Böylece farklı gen dizilimleri oluşur. Bu da genetik varyasyona neden olur. Üreme hücreleri (gamet) mayoz ile bu şekilde oluştuğu için farklı gen dizilimine sahip olurlar. Farklı gen dizilimindeki gametler genetik çeşitliliğin artmasını sağlar.

Kromozomların Bağımsız Dağılımı

Kromozomların bağımsız dağılımı demek; mayoz sırasında homolog kromozom çiftini oluşturan kromozomların, gametlere birbirinden bağımsız hareket ederek geçmesi demektir. Böylece mayoz I sonucunda oluşan hücrelere, belirli bir homolog kromozom çiftinin ya anneden gelen kromozomu ya da babadan gelen kromozomu geçer. Bu durum mayoz tamamlandıktan sonra oluşan hücrelerin (gamet) genetik yapısının birbirinden farklı olmasını sağlar. Bu farklılık da genetik varyasyonun oluşmasında etkilidir.

ÖZET

Kalıtımın Genel Esasları

Canlı soylarına ait benzerlik ve farklılıkların ortaya çıkmasını sağlayan faktörleri, bu faktörlerin nesilden nesile nasıl aktarıldığını inceleyen bilim dalına **kalıtım bilimi (genetik)** denir. Kalıtımın esaslarını ortaya koyan ilk çalışmaları Gregor Mendel (Gregor Mendel) yapmıştır. Mendel bezelyelerde yaptığı çaprazlama çalışmaları ile bu esasları ortaya koymuştur.

Mendel'in çaprazlama sonuçlarını değerlendirirken kullandığı olasılık ilkeleri şunlardır:

- Şansa bağlı bir olayın bir defa denenmesinden elde edilen sonuçlar aynı olayın daha sonraki deneme sonuçlarını etkilemez.
- Şansa bağlı iki bağımsız olayın aynı anda birlikte olma olasılığı, bunların ayrı ayrı olma olasılıklarının çarpımına eşittir.

Kalıtımla ilgili temel kavramlar:

Gen: Kalıtsal bir karakterin oğul döllere aktarılmasını sağlayan kromozom bölümüne gen denir.

Alel: Bir karakterin kalıtımından sorumlu gen çeşitlerinin her birine **alel** denir.

Homozigot: Bir karakter için aynı alel genleri taşıyan bireylere **homozigot** (SS,ss) denir.

Heterozigot: Bir karakter için farklı alel genleri taşıyan bireylere **heterozigot** (Ss) denir.

Monohibrit: Bir karakter bakımından heterozigot olan bireylere **monohibrit** denir.

Dihibrit: İki karakter bakımından heterozigot olan bireylere **dihibrit** denir.

Punnett karesi: Bu yöntemde, yatay düzleme erkek bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller, dikey düzleme dişi bireyin oluşturabileceği gametlerdeki aleller yazılır. Gametlerin kesiştiği kutucuklarda, iki alel bir araya getirilerek yavrunun genotipi belirlenir. Böylece çaprazlamada gametlerin oluşturabileceği tüm genotipler ortaya çıkarılır. Bu genotiplere göre yavruların fenotipleri saptanır.

Genotip: Canlının sahip olduğu genlerin tümüne **genotip** denir.

Fenotip: Genotip ve çevresel faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan dış görünüme **fenotip** denir.

Baskın (Dominant): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösterebilen gen baskındır.

Çekinik (Resesif): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösteremeyen gen çekiniktir.

Gonozom: Bir canlının cinsiyetini belirlemede işlev gören kromozomlardır.

Otozom: Vücut karakterlerini belirleyen genleri taşıyan kromozomlardır.

Rekombinasyon: DNA'da çeşitli nedenlerle yeni gen dizilimlerinin oluşması durumudur.

Mendel'in çalışmaları sonucunda elde ettiği verilere dayanarak kalıtım bilimiyle ilgili Mendel İlkeleri adı verilen bazı ilkeler belirlenmiştir. Bu ilkeler şunlardır;

a. Baskınlık ilkesi: Baskın olan alel fenotipte kendini gösterirken çekinik olan alel ata canlıların her ikisinden gelirse fenotipte kendini gösterir.

b. Benzerlik ilkesi: F_1 neslindeki bireylerin tamamının fenotipinin ve genotipinin aynı olması.

c. Ayrılma ilkesi: Karakterleri oluşturan alellerin gamet oluşumu sırasında eşit olasılıkla birbirinden ayrılması.

d. Bağımsız açılım ilkesi: Bezelye tohumunun sarı veya yeşil olma olasılığı ile düz veya buruşuk olma olasılığının birbirini etkilememesi.

Mendel'in çalışmalarında bezelyeleri kullanmasının sağladığı avantajlar; bezelyelerin kolay yetiştirilmesi, kısa sürede çok döl vermesi, kolay ayırt edilebilen çok çeşitli genetik özelliklere sahip olması, her bir karakterinin iki zıt çeşidinin olması.

Kontrol çaprazlaması: Genotipi bilinmeyen baskın (B-) fenotipli bireyin genotipini belirlemek için, çekinik (bb) fenotipli bireyle çaprazlanmasıdır.

Eş baskınlık: Alel genlerden biri diğerine baskın olmadığı için fenotipte ikisinin etkisinin eşit derecede ortaya çıkmasıdır.

Çok alellilik: Bir karakteri oluşturan alel çeşidinin ikiden fazla olmasıdır.

Eşeye bağlı kalıtım: Bazı karakterlerin eşey kromozomları ile sonraki nesillere aktarılmasıdır. X kromozomu ile ya da Y kromozomu ile aktarılır. Renk körlüğü ve hemofili X kromozomu ile çekinik olarak kalıtılan özelliklerdir. Kulak kıllılığı, balık pulluluğu, yapışık parmaklılık Y kromozomu ile kalıtılan özelliklerdir.

Soy ağacı: Kalıtsal bir özelliğin nesilden nesile aktarılmasını gösteren şemaya denir. Soy ağaçlarında kare erkek bireyi, daire dişi bireyi ifade eder. Dişi ve erkek birey arasında çizilmiş yatay çizgiler evlilik bağına gösterir. Ayrıca doğan çocuklar soldan sağa doğru doğma sıralarına göre dizilir. Koyu renk ile gösterilen bireyler izlenmekte olan özelliği taşır.

Akraba evliliği ve sakıncaları: Akraba evliliği aralarında kan bağı bulunan bireylerin evlenmesidir. Aralarında kan bağı olan bireylerde genetik benzerlik akraba olmayanlara göre daha fazladır. Bu yüzden özellikle çekinik alellerle aktarılan kalıtsal bir özelliğin, bozukluğun ya da hastalığın yavrularda ortaya çıkma ihtimali daha yüksektir.

Genetik varyasyonların biyolojik çeşitliliğe etkisi: Genetik varyasyon genlerdeki çeşitliliktir. Bir türün gen havuzundaki çeşitlilik arttıkça o türde farklı özelliklere sahip bireyler oluşur. Bu da biyolojik çeşitliliğin artmasını sağlar. Genetik varyasyona neden olan bazı olaylar mutasyon, kromozomların bağımsız dağılımı ve krossing over'dır.

Mutasyon: Organizmadaki gen dizilimlerinde meydana gelen değişimlere denir.

Krossing over: Mayoz sırasında homolog kromozomlar arasında meydana gelen parça değişimi olayıdır. Böylece farklı gen dizilimleri oluşur.

Kromozomların bağımsız dağılımı: Mayoz sırasında homolog kromozom çiftini oluşturan kromozomların gametlere birbirinden bağımsız hareket ederek geçmesidir. Bu durum mayoz tamamlandıktan sonra oluşan hücrelerin (gamet) genetik yapısının birbirinden farklı olmasını sağlar.

2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Sarı tohumlu bir bezelye ile yeşil tohumlu bir bezelyenin çaprazlanması sonucu hem sarı hem de yeşil tohumlu bezelyeler elde edildiğine göre çaprazlanan bezelyelerin genotipleri aşağıdakilerden hangisindeki gibi olmalıdır? (Sarı tohum geni (Y), yeşil tohum genine (y) baskındır.)

	<u>Sarı tohumlu bezelye</u>	<u>Yeşil tohumlu bezelye</u>
A)	YY	yy
B)	Yy	yy
C)	Yy	Yy
D)	yy	YY

2. Bezelyelerle yapmış olduğu deneyler sonucu genetiğin temelini oluşturan bilim adamı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Francis Crick	B) Christian Andreas Doppler
C) Gregor Mendel	D) James Watson

3. Düz şekilli heterozigot bezelye ile buruşuk şekilli bezelyenin çaprazlanmasından buruşuk şekilli bezelye olma oranı nedir? (Bezelyelerde düz şekil (R) buruşuk şekile (r) baskındır.)

A) 1/2	B) 1/4	C) 1/8	D) 1
--------	--------	--------	------

4. AaBb genotipine sahip bir bireyden oluşan gametlerde aşağıdaki genotip çeşitlerinden hangisinin oluşması beklenemez?

A) AB	B) aB	C) Ab	D) Bb
-------	-------	-------	-------

5. AB kan gruplu bir anne ile heterozigot B kan gruplu bir babanın doğacak çocuklarının kan grubu hangisi olamaz?

A) AB	B) AO	C) BB	D) OO
-------	-------	-------	-------

6. Hangisi insanda X kromozomundaki genlerle kalıtılan karakterlerdendir?

A) Kulak kıllılığı	B) Balık pulluluk
C) Yapışık parmaklılık	D) Renk körlüğü

7. Mendel'in çalışmalarında bezelye bitkisini kullanmasının nedeni hangisi olabilir?

I- Kolay yetiştirilmeleri			
II- Kısa zamanda döl vermeleri			
III- Her bir karakterinin iki zıt çeşidinin olması			
A) Yalnız I	B) I ve II	C) II ve III	D) I, II ve III

8. Genlerin etkisiyle bireyde ortaya çıkan dış görünüşe ne ad verilir?

A) Fenotip	B) Genotip	C) Alel gen	D) Çekinik karakter
------------	------------	-------------	---------------------

9. I- AA II- Aa III- aa
Hangisi homozigot genotipin gösterim şeklidir?
 A) Yalnız I B) I ve III C) II ve III D) I, II ve III
10. **Bir özellik için iki farklı alelden fenotipte etkisi görülme-yene ne ad verilir?**
 A) Gen B) Fenotip C) Çekinik D) Baskın
11. **İnsanlarda cinsiyeti veya eşeyi belirleyen kromozomlara ne denir?**
 A) Genotip B) Fenotip C) Otozom D) Gonozom
12. **İnsanlarda hemofili geni X kromozomu üzerinde çekinik genle kalıtılan bir özelliktir. Buna göre hemofili hastalığı bakımından taşıyıcı bir dişinin genotipi nasıldır?**
 A) $X^H X^H$ B) $X^H X^h$ C) $X^h X^h$ D) $X^H Y$
13. **AA genotipli dişi birey ile aa genotipli erkek bireyin çaprazlanması sonucu oluşan F_1 dölü için hangisi doğrudur?**
 A) % 50 AA, % 50 aa genotiplidir. B) % 75 AA, % 25 aa genotiplidir.
 C) % 100 homozigottur. D) % 100 heterozigottur.
14. **Bireyin sahip olduğu genlerin toplamına ne denir?**
 A) Genotip B) Fenotip C) Alel gen D) Çekinik gen
15. **Fenotipe baskın karakterde olan bir bireyin genotipinin homozigot mu heterozigot mu olup olmadığını belirlemek için hangisi yapılmalıdır?**
 I. Homozigot baskın birey ile çaprazlanmalı
 II. Heterozigot birey ile çaprazlanmalı
 III. Çekinik birey ile çaprazlanmalı
 A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III
16. **İnsanlarda renk körlüğünün erkek bireylerde ortaya çıkma ihtimalinin fazla olmasının nedeni nedir?**
 A) X kromozomu üzerinde taşınıp, çekinik özellik göstermesi
 B) X kromozomu üzerinde taşınıp, baskın özellik göstermesi
 C) Y kromozomu üzerinde taşınıp, çekinik özellik göstermesi
 D) Y kromozomu üzerinde taşınıp, baskın özellik göstermesi
17. **Canlılarda anne ve babaya ait karakterlerin oğul döllere geçişine ne ad verilir?**
 A) Varyasyon B) Rekombinasyon C) Kalıtım D) Genotip

18. Homolog kromozomların karşılıklı bölgelerinde bulunan, bir karakterin kalıtımından sorumlu gen çeşitlerinin her birine denir.

Yukarıda verilen açıklamada boş bırakılan yere hangisi gelmelidir?

- A) Gen B) Otozom C) Alel gen D) Gonozom

19. Genetik varyasyon genlerdeki çeşitliliktir. Verilenlerden hangisi genetik varyasyona neden olur?

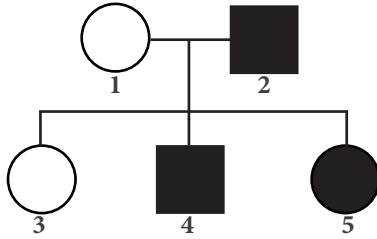
- I. Gen dizilimlerinde meydana gelen değişimler.
 II. Homolog kromozomların kardeş olmayan kolları arasında meydana gelen parça değişimi.
 III. Mayoz sırasında homolog kromozom çiftini oluşturan kromozomların gametlere birbirinden bağımsız hareket etmesi.

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I, II ve III

20. Y kromozomu ile taşınan bir özellik olan kulak kıllılığı ile ilgili hangisi doğru değildir?

- A) Babadan oğula geçer. B) Anne birey taşıyıcıdır.
 C) Sadece erkeklerde görülür. D) X kromozomunda aleli yoktur.

21. Soyağacında taralı olarak gösterilen bireyler renk körudür. Buna göre 1 ve 3 nolu bireylerin renk körlüğü açısından genotipleri nasıldır?



- 1 3
 A) $X^R X^R$ $X^R X^R$
 B) $X^R X^r$ $X^R X^r$
 C) $X^r X^r$ $X^R X^R$
 D) $X^R X^R$ $X^r X^r$

22. Erkek çocukları hemofili hastası olan bir çift ile ilgili hangisi doğrudur? (Hemofili hastalığı geni X kromozomu üzerinde taşınır çekinik özellik gösterir.)

- A) Baba hemofili hastasıdır.
 B) Baba hemofili hastalığı taşıyıcısıdır.
 C) Anne hemofili hastalığı taşıyıcısıdır.
 D) Anne hemofili hastalığı bakımından tamamen sağlıklıdır.

23. İnsanlarda renk körlüğü ile ilgili hangisi doğrudur?

I- Renk körü bir kadının erkek çocukları daima renk köründür.

II- Renk körü bir erkeğin kız çocukları daima renk köründür.

III- Renk körlüğü bakımından erkek bireyler taşıyıcı olamaz.

- A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) I ve III

24. Mendel'in bezelyelerle yaptığı çalışmalar sonucunda elde ettiği verilere dayanarak kalıtım bilimiyle ilgili "Mendel İlkeleri" adı verilen bazı ilkeler belirlenmiştir. Tabloda verilen bu ilkeler ve açıklamalarıyla ilgili hangisi doğrudur?

Mendel İleleri	Kısa açıklamalar
A) Baskınlık İlkesi	Karakterleri oluşturan alellerin gamet oluşumu sırasında eşit olasılıkla birbirinden ayrılmasıdır.
B) Benzerlik İlkesi	Baskın olan alelin fenotipte kendini göstermesidir.
C) Ayrılma İlkesi	F ₁ neslindeki bireylerin tamamının fenotipinin ve genotipinin aynı olması.
D) Bağımsız Açılım İlkesi	İki farklı karakterin yavru bireyde ortaya çıkma olasılığının birbirini etkilememesidir.

25. İnsanda kan gruplarını belirleyen A ve B alelleri bireyde aynı anda bulunduğu anda ne A aleli ne de B aleli tamamen etkilidir. İkisinin de etki durumu birbirine denktir.

Bu durum kalıtımla ilgili hangi kavramla ifade edilir?

- A) Çok alellilik B) Baskınlık
C) Eş baskınlık D) Çekiniklik

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

1	D	11	C
2	B	12	B
3	B	13	D
4	B	14	D
5	C	15	C
6	B	16	C
7	C	17	D
8	A	18	A
9	D	19	B
10	C	20	D

2. ÜNİTE

1	B	11	D	21	B
2	C	12	B	22	C
3	A	13	D	23	D
4	D	14	A	24	D
5	D	15	C	25	C
6	D	16	A		
7	D	17	C		
8	A	18	C		
9	B	19	D		
10	C	20	B		

SÖZLÜK

A

alel gen: Bir karakterin kalıtımından sorumlu gen çeşitlerinin her biri.

B

baskın (Dominant): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösterebilen gen.

C-Ç

çekinik (Resesif): Heterozigot durumda fenotipte etkisini gösteremeyen gen.

çekirdek: Ökaryotik hücrelerin DNA'sı zarla çevrili sitoplazmadan ayrılır. Bu yapıya çekirdek denir.

çelik: Bitkiden alınan sürgün, yaprak, dal gibi bitki parçalarının her biri.

çok alellilik: Bir karakteri oluşturan alel çeşidinin ikiden fazla olmasıdır.

D

dihibrit: İki karakter bakımından heterozigot olan bireyler.

diploit: İki kromozom takımına sahip olan ($2n$ kromozomlu) hücre ya da organizma.

E

eş baskınlık: Alel genlerin fenotipteki etkileri birbirine eşittir. Alel genlerden biri diğerine baskın olmadığı için fenotipte ikisinin de etkisi eşit derecede ortaya çıkar.

eşey kromozomları: Canlının cinsiyetini belirlemede görev alan kromozomlardır. Gonozom da denir.

F

fenotip: Genotip ve çevresel faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan dış görünüş.

G

gamet: Erkek ve dişi üreme hücrelerinin her biri. Erkek üreme hücresine sperm, dişi üreme hücresine yumurta denir.

gen: Kalıtsal bir karakterin oğul döllere aktarılmasını sağlayan kromozom bölümü. Bir başka ifadeyle yaklaşık 1500 adet nükleotidden oluşan DNA parçasıdır.

genotip: Canlının sahip olduğu genlerin tümü.

H

haploit:	Tek kromozom takımına sahip olan hücre ya da organizma.
hemofili:	Kanın pıhtılaşması için gerekli olan bir proteinin eksikliğinden dolayı kanın pıhtılaşamadığı genetik bir bozukluktur.
heterozigot:	Bir karakter için farklı alel genleri (Ss) taşıyan bireyler.
homolog kromozom:	Biri anneden diğeri babadan gelen, aynı karakterlerle ilgili genleri taşıyan kromozom çiftleri.
homozigot:	Bir karakter için aynı alel genleri (SS,ss) taşıyan bireyler.
hücre döngüsü:	Bir hücrenin bölünmeye başlamasından itibaren onu takip eden diğeri hücre bölünmesine kadar geçen zaman aralığıdır.
hücre plağı(orta lamel):	Bitki hücrelerinde sitokinez sırasında golgi aygıtından kopan keseciklerin hücre merkezinden hücre zarına doğru oluşturduğu yapı.

K

kalıtım :	Canlı soylarına özelliklerin nesilden nesile aktarılması.
kanser:	Hücrelerin kontrolsüz olarak bölünüp çoğalması sonucu oluşan hastalık.
kardeş kromatit:	Hücre bölünmesinin interfaz evresinde her kromozom yeni oluşan kopyası ile birlikte iki kardeş kromatiti oluşturur.
karyotip	Kromozomların sayısı, uzunluk, bantlaşma, sentromer konum gibi özelliklere göre gruplandırılmasıdır.
oluşturma:	Kanserli hastalara yapılan ilaç tedavisi.
kontrol çaprazlaması:	Baskın fenotipli bireyin genotipinin homozigot mu heterozigot mu olduğunu tespit etmek için çekinik fenotipli bireyle yapılan çaprazlamadır.
kromozom:	Hücre bölünmesi sırasında DNA'nın kendini eşlemesiyle oluşan kardeş kromatitler profaz evresinde kısalıp kalınlaşarak kromozom hâlini alır.
krossing over:	Mayoz sırasında homolog kromozomlar arasında meydana gelen parça değişimi olayıdır.

M

metastaz:	Tümör oluşturan hücrelerin başka dokulara sıçraması yani yayılım göstermesi.
------------------	--

mitoz:	Çekirdek bölünmesidir. Ökaryot hücrelerde gerçekleşir. İki yavru çekirdeğin oluşmasını sağlar. Oluşan yavru çekirdeklerin her biri orijinal çekirdekle aynı olan kromozom takımına sahip olur.
mitotik evre:	Mitoz sırasında gerçekleşen çekirdek bölünmesidir.
monohibrit:	Bir karakter bakımından heterozigot olan bireyler.
mutasyon:	Organizmada ışın, kimyasal maddeler gibi etkenler sebebiyle gen dizilimlerinde meydana gelen değişimlere denir.

O-Ö

olasılık:	Her zaman gerçekleşmeyen ancak gerçekleşmesi beklenen olaylar.
onkoloji:	Kanser bilimi. Kanser araştırmaları, tedavi yöntemleri ve korunma yolları gibi konular onkolojinin çalışma alanlarını oluşturur.
otozom:	Eşey kromozomları dışındaki kromozomlardır. Vücut karakterlerini belirleyen genleri taşır. Bu kromozomlara vücut kromozomu da denir.

P

partenogenez:	Döllenmemiş yumurta hücresinin gelişerek yeni bireyi oluşturmasıdır. Eklem bacaklılarda, arılarda, su pirelerinde, karıncalarda, yaprak bitlerinde ve bazı kelebeklerde görülür.
plazmodyum:	Sıtma hastalığı etkeni.

R

radyoterapi:	Kanserli hastalara yapılan ışın tedavisi.
rejenerasyon:	Canlılarda eksilen, zarar gören kısımlarının tamamlanması, onarımı.
rekombinasyon:	DNA'da çeşitli nedenlerle yeni gen dizilimlerinin oluşması durumu.

S

sitokinez:	Mitoz sırasında gerçekleşen sitoplazma bölünmesidir.
soğan:	Soğan, sümbül, lale, sarımsak gibi bitkilerin yassı gövdeleri.
soyağacı (pedigri):	Kalıtsal bir özelliğin nesilden nesile aktarılmasını gösteren şemadır.
spor:	Sağlam yapılı örtüleri olan, elverişsiz koşullara dayanıklı, özelleşmiş hücreler

tümör: **T**
Hücrelerin kontrolsüz olarak bölünüp çoğalması sonucu oluşan hücre yığını.

varyasyon: **V**
Bir türün bireylerindeki aynı karakterin farklı şekilleri, değişiklik, çeşitlilik.

vejetatif çoğalma:
Yüksek yapılı bitkilerin gövde, dal ve yaprak gibi organlarından alınan parçaların köklendirilerek yeni bitkiler elde edilmesi.

zigot: **Z**
Dişi ve erkek eşey hücrelerinin birleşmesiyle oluşan hücredir. Bu hücrede gamet çekirdekleri birbiriyle kaynaşır.

KAYNAKÇA

Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 2011.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, **Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı**, Ankara, 2018.

Yazım Kılavuzu, Türk Dil Kurumları Yayınları, Ankara, 2012.

Biyoloji Terimleri Sözlüğü, Türk Dil Kurumu, Ankara, 1998.

BROOKER, Rob, WIDMAIER, Eric, GRAHAM, Linda, STILING, Peter, **Biology**, Mc Graw-Hill Education, New York, 2013.

REECE, Jane B., URRY Lisa A., CAİN, Michael. L., WASSERMAN Steven A., MİNORSKY, Peter V., JACKSON, Robert B., Campbell **Biyoloji (9. Baskı)** (Çeviri Editörleri Gündüz, E., Demirsoy, A., Türkan, İ.), Palme Yayıncılık, Ankara, 2013.

KEETON, W. T., GOULD, J. L., ve GOULD, C. G., **Genel Biyoloji** (Çeviri Editörleri Demirsoy, A., Türkan, İ., ve Gündüz, E.), Palme Yayıncılık, Ankara, 2004.

KLUG, William. S., CUMMINGS, Michael. R. ve SPENCER, Charlotte. A., **Genetik Kavramlar** (Çeviri Editörler: Öner, C., Sümer, S., Öner, R., Ögüş, A.), Palme Yayıncılık, Ankara, 2011.

MADİGAN, Martingo, STAHL, Bender B., Brock **Mikroorganizmaların Biyolojisi** (Çeviri Editörü: Çökmüş, C.), , Palme Yayıncılık, Ankara, 2016.

RUSSELL, P.J., **iGenetics**, Benjamin Cummings, San Francisco.,2002.

SADAVA, D. HİLLİS, D.M., HELLER, H.C. ve BERENBAUM, M., **Life: The Science of Biology**, Sunderland Sinauer Associates Inc, 2011.

FREEMAN, S., **Biological Science**, University of Washington, 2008.

JANE, Rasco, KIMBERLY, Lackey, **Biology: The Study Of Life**, Kendall Hunt Publishing,2007.

TAİZ, Lincoln, ZEİGER, Eduardo, **Bitki Fizyolojisi** (Çeviri Editörü: İ. Türkan), Palme Yayıncılık, Ankara, 2008.

Genel Ağ Adresleri

<http://www.biyolojiyegitim.yyu.edu.tr/kav/indexa.htm> (Erişim Tarihi: 16.03. 2018)

<https://www.britannica.com/biography/Gregor-Mendel> (Erişim Tarihi: 16.03. 2018)

<https://www.britannica.com/science/meiosis-cytology/images-videos> (Erişim Tarihi: 16.03. 2018)

http://www.darphane.gov.tr/tr/products_new.php?parent_id=182&content_id=736#content.php?parent_id=182&content_id=736 (Erişim Tarihi: 16.03. 2018)

GÖRSELKAYNAKÇA

1. Ünite ve 1. bölüm kapak resmi Shutter ID: 704610916
Görsel 1.1. Shutter ID: 520158625
Görsel 1.2. Shutter ID: 94150897
Görsel 1.3. Shutter ID: 359533112
Görsel 1.4. Shutter ID: 407364664
Görsel 1.5. Shutter ID: 272473859
Görsel 1.6. Shutter ID: 75626410
Görsel 1.7. Çizim
Görsel 1.8. Shutter ID: 491794537
Görsel 1.9. Shutter ID: 624165509
Görsel 1.10. Shutter ID: 491794537
Görsel 1.11. Shutter ID: 491794537
Görsel 1.12. Shutter ID: 414155566
Görsel 1.13. Shutter ID: 491794537
Görsel 1.14. Shutter ID: 491794537
Görsel 1.15. Shutter ID: 701025091
Görsel 1.16. Çizim
Görsel 1.17. 20281497
Görsel 1.18. 123RF ID: 42402611
Görsel 1.19. 123RF ID: 50980673
Görsel 1.20. Çizim
Görsel 1.21. Çizim
Görsel 1.22. Çizim
Görsel 1.23. Çizim
Görsel 1.24. Shutter ID: 475924600
Görsel 1.25. 123RF ID: 43347026, 15856446, 44337407
Görsel 1.26. Çizim
Görsel 1.27. Çizim
Görsel 1.28. Görsel tasarımcı tarafından hazırlanmıştır.
Görsel 1.29. Shutter ID: 350343119
Görsel 1.30. 123RF ID: 48176911
Görsel 1.31. 123RF ID: 22723390
Görsel 1.32. 123RF ID: 45543509
Görsel 1.33. 123RF ID: 43610925
Görsel 1.34. 123RF ID: 11017173, 31399742, 48493930
Görsel 1.35. 123RF ID: 87020245, 42433416, 52174547
Görsel 1.36. Shutter ID: 275950052
Görsel 1.37. Shutter ID: 422758762
2.Bölüm kapak resmi Shutter ID: 1077682157
Görsel 1.38. Shutter ID: 172528943
Görsel 1.39. Çizim
Görsel 1.40. Çizim
Görsel 1.41. Shutter ID: 172528943
Görsel 1.42. Shutter ID: 172528943
Görsel 1.43. Shutter ID: 172528943
Görsel 1.44. Shutter ID: 172528937

Görsel 1.45. Shutter ID: 172528937
Görsel 1.46. Shutter ID: 172528937
Görsel 1.47. Shutter ID: 172528937
Görsel 1.48. Shutter ID: 172528919
Görsel 1.49. 123RF ID: 36975168, 2232241 9 , 13228095
Görsel 1.50. 123RF ID: 19266073, 42247560, 15149367, 10776461
Görsel 1.51. 123RF ID: 33985314, 11353995, 14667041, 45840953, 35662355
Görsel 1.52. Çizim
Görsel 1.53. 123RF ID: 31066687

2. ünite kapak resmi Shutter ID: 15398795
1.Bölüm: Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik kapak resmi Shutter ID: 1070774051
Görsel 2.1. Shutter ID: 553579300
Görsel 2.2. Shutter ID: 362097320
Görsel 2.3. Shutter ID: 390614977
Görsel 2.4. 123RF ID: 33122255
Görsel 2.5. Çizim
Görsel 2.6. Shutter ID: 507535360
Görsel 2.7. 123RF ID: 37652926
Görsel 2.8. 123RF ID: 39598882
Görsel 2.9. Çizim
Görsel 2.10. Çizim
Görsel 2.11. Çizim
Görsel 2.12. Çizim
Görsel 2.13. Çizim
Görsel 2.14. Çizim
Görsel 2.15. Çizim
Görsel 2.16. Çizim
Görsel 2.17. Çizim
Görsel 2.18. 123RF ID: 25388641
Görsel 2.19. 123RF ID: 62318018, 62318019
Görsel 2.20. Çizim
Görsel 2.21. Çizim
Görsel 2.22. Çizim
Görsel 2.23. Çizim
Görsel 2.24. Çizim
Görsel 2.25. Çizim
Görsel 2.26. Çizim
Görsel 2.27. Shutter ID: 176010635
Görsel 2.28. Çizim
Görsel 2.29. Görsel tasarımcı tarafından hazırlanmıştır.

Listede yer almayan ve ID numarası yukarıda belirtilmemiş görseller görsel tasarımcı, grafik tasarımcı ve komisyon tarafından hazırlanmıştır.

